

Nota 1204

NOTA 1204

juni 1980

Instituut voor Cultuurtechniek en Waterhuishouding
Wageningen

WATERBALANSONDERZOEK IN VIER POLDERS
IN NOORD HOLLAND
Werkgroep Noord-Holland
XVI

J. Pankow

Nota's van het Instituut zijn in principe interne communicatiemiddelen, dus geen officiële publikaties.

Hun inhoud varieert sterk en kan zowel betrekking hebben op een eenvoudige weergave van cijferreeksen, als op een concluderende discussie van onderzoeksresultaten. In de meeste gevallen zullen de conclusies echter van voorlopige aard zijn omdat het onderzoek nog niet is afgesloten.

Bepaalde nota's komen niet voor verspreiding buiten het Instituut in aanmerking.

CENTRALE LANDBOUWCATALOGUS



0000 0165 8125

ISBN 128734-01

INHOUD

	pag.
1. INLEIDING	1
2. BESCHIKBARE GEGEVENS	1
2. 1. Grondwaterstanden en slootpeilen	2
2. 2. Neerslag	2
2. 3. Gewashoogten	2
2. 4. Bodemvochtveranderingen gemeten met behulp van de gamma-transmissiemethode	3
3. BEWERKING VAN DE MEETGEGEVENS	4
3. 1. Berekening potentiële verdamping	4
3. 2. Berekening actuele verdamping	6
3. 3. Berekening van de hydrologische constanten	8
4. SAMENVATTING EN CONCLUSIES	13
5. LITERATUUR	15

Bijlage 1

Figuren A t/m F

1. INLEIDING

Het onderzoek met behulp van de waterbalans in de polders Wijde Wormer, Beetskoog, Baarsdorpermeer en Slikvenpolder is een van de methoden voor de bepaling van hydrologische constanten in deze detailgebieden. Bij de uitvoering ervan is zoveel mogelijk uitgegaan van eerder verkregen ervaringen met deze onderzoeksmethode. Van deze detailgebieden waren er twee kwelpolders, namelijk de polder de Wijde Wormer en de Baarsdorpermeer en twee infiltratiepolders namelijk de Beetskoog en Slikvenpolder. Voor de bodemkundige gegevens en lokaties van de proefplekken wordt verwezen naar de bijlagen 1 tot en met 7.

2. BESCHIKBARE GEGEVENS

Voor de bepaling van de hydrologische constanten werd, met uitzondering van klimaatgegevens als straling, windsnelheid, luchtvochtigheid en temperatuur, gebruik gemaakt van ter plaatse gemeten gegevens. De klimaatgegevens die nodig waren voor de berekening van de verdamping van het gewas, werden ontleend aan de meteostations De Kooy en Alkmaar. De volgende waarnemingen zijn voor dit onderzoek ter plaatse verricht:

1. Grondwaterstanden en slootpeilen
2. Neerslag
3. Gewashoogten
4. Bodemvochtmetingen met behulp van de gamma-transmissiemethode.

De metingen van andere onderzoekers die op dezelfde objecten gegevens verzamelden blijven buiten beschouwing.

De verzamelde gegevens zullen in de volgende paragrafen worden besproken.

2.1. Grondwaterstanden en slootpeilen

De grondwaterstandsbuizen met filters geplaatst op ca. 1,50 m diepte stonden dwars op de proefpercelen en werden zo mogelijk eenmaal per week waargenomen. De afstanden van de grondwaterstandsbuizen tot de sloot bedroegen respectievelijk 1 meter, 3 meter, $1/5$ van de perceelsbreedte en een buis in het midden van het perceel.

Deze afstanden werden zoveel mogelijk nagestreefd. In de praktijk was dit niet altijd mogelijk in verband met greppels. Daarom varieerden deze afstanden per proefperceel nog wel eens. Het midden van het filter was 1,25 m beneden maaiveld. Op elk perceel was een zelfregistrerende grondwaterstandsmeter (hydrograaf type P 10, D. Alpine-werke, Kaufbeuren) opgesteld. Deze hydrograaf registreerde het grondwaterverloop voor een filterdiepte van 1,00 tot 1,50 m - mv. De registratiestrook werd eenmaal per week vernieuwd.

De slootpeilen werden afgelezen vanaf een vast punt dat in de sloot stond opgesteld. Tevens werd een peil opgenomen van het water onder de slootbodem door middel van een grondwaterstandsbuis die lekkagevrij in de slootbodem was geplaatst.

2.2. Neerslag

De neerslaghoeveelheden en -intensiteit werden zowel in de zomer als in de winter ter plaatse waargenomen met een zelfregistrerende regenmeter (pluviograaf). Deze regenmeter werd in de winter met antivries beschermd. Wekelijks werden de registratiestroken vernieuwd. Per polder was er een regenmeter geïnstalleerd.

2.3. Gewashoogten

Voor de berekening van de gewasverdamping werd eenmaal per week de gewashoogte (gras) waargenomen. Deze hoogten konden nogal

variëren tengevolge van dagbeweiding of maaien van bepaalde delen van het perceel.

2.4. Bodemvochtveranderingen gemeten met behulp van de gamma-transmissiemethode

Voor de bepaling van de verandering van de vochthuishouding in het profiel werden zo mogelijk wekelijks gammametingen uitgevoerd tot een diepte van 1,30 m -mv. met meetintervallen van 10 cm. Aangezien het grondwater niet beneden 1,20 m -mv. is gedaald werden de metingen beneden deze diepte gebruikt als standaardmetingen. Door middel van deze standaardmetingen konden de dagelijkse systematische meetfouten tengevolge van spanningsverschillen in de apparatuur per meetserie worden gecorrigeerd. Bij deze correctiemetingen is er van uitgegaan dat het volumegewicht van de grond onder de grondwaterspiegel constant bleef met de tijd. Omdat het in veel gevallen moeilijk is om de gamma-metebuizen voor de gamma-bron en -ontvanger precies op 40 cm afstand van elkaar te plaatsen tot 1,30 m -mv. is na plaatsing van de meetbuizen de werkelijke afstand tussen de buizen op verschillende diepten berekend door de meetbuizen bovengronds te verlengen en de daarbij voorkomende verschillende afstanden te meten (PANKOW, 1973). Uit deze metingen van niet evenwijdigheid werden door middel van regressieberekeningen de constanten a , b en c uit de vergelijking (1) (RIJTEMA, 1969) berekend:

$$D i^2(l) = a l^2 + b l + c \quad (1)$$

waarin: $D i(l)$ = gemeten bovengrondse werkelijke afstand

l = hoogte waarop $D i(l)$ bovengronds wordt gemeten

Indien $a < \frac{b^2}{4c}$ is een lineaire betrekking aan te nemen met eveneens nader te bepalen coëfficiënten:

$$D i(l) = a^1 l + b^1 \quad (1a)$$

Met de voorbeschreven procedure werden per laagdiepte de correctiefactoren voor scheefstelling bepaald. Het meetprincipe van de

gamma-transmissie berust op straling afkomstig van een 20 mc. Cs. ¹³⁷ bron. De verzwakking van de straling is afhankelijk van de totale massa tussen bron en ontvanger. Hieruit volgt via een ijk-curve voor een afstand tussen bron en ontvanger van 40 cm de dichtheid (nat volumegewicht ρ) van de tussenliggende grond. Wanneer het droog volumegewicht (ρ_d) van de grond niet verandert met de tijd, zijn de gemeten veranderingen in het nat volumegewicht, directe veranderingen in het vochtgehalte. Het is gebleken dat de invloed van verschillende componenten (mineralen, water en organische stof) verschilt. Men vindt dan ook niet de werkelijke dichtheid ρ , maar een schijnbare dichtheid ρ_γ , die geschreven kan worden als (RYHINER en PANKOW, 1969):

$$\rho_\gamma = 0,9 \rho_m + 1,01 \rho_o + \rho_w \quad (\text{gr. cm}^{-3}) \quad (2)$$

waarin:

ρ_γ = schijnbare dichtheid op basis van de elektronendichtheid van water

ρ_m = massa van de minerale delen

ρ_o = massa van de organische stof

ρ_w = massa van het water

In vergelijking 2 is

$$0,9 \rho_m + 1,01 \rho_o = \rho_d \quad (3)$$

waarin ρ_d = de massa van alle gronddelen tezamen op basis van elektronendichtheid van water

Indien ρ_d constant is met de tijd dan geldt $\Delta \rho_\gamma = \Delta \theta$ (gr. cm⁻³). Van een grondkolom met een oppervlak van 1 cm² en een hoogte van 1 cm (inhoud 1 cm³) komt 1 gram vocht overeen met 10 mm water, dat wil zeggen, voor een bodemlaag van 10 cm geldt dan:

$$\Delta \theta \quad (\text{gr. cm}^3) \times 100 \rightarrow \Delta \theta \quad (\text{mm}).$$

3. BEWERKING VAN DE MEETGEGEVENS

3.1. Potentiële verdamping

De waarden van de potentiële verdamping voor de verschillende

proefpercelen werden berekend volgens de gecombineerde energiebalans - damptransport methode, zoals deze door RIJTEMA (1965) is gegeven. Bij de berekening is uitgegaan van de formule

$$E_{\text{pot}} = \frac{\Delta \text{ Hnt}/l + \gamma \left[f(Z_o, d) u^{0,75} \left\{ (E_a - e_a) + R_c^1 E_I \right\} \right]}{\Delta + \gamma \left\{ 1 + f(Z_o, d) u^{0,75} \cdot R_c^1 \right\}} \quad (4)$$

hierin is:

- E_{pot} = de potentiële gewasverdamping in mm/dag
- Hnt/l = de netto straling in mm/dag
- Δ = de helling van de temperatuur-dampspanningscurve in mm Hg/°C
- γ = de psychrometerconstante in mm. Hg/°C
- $f(Z_o, d) u^{0,75}$ = damptransportcoëfficiënt in mm / (dag mm Hg)
- $E_a - e_a$ = dampspanningsdeficiet in mm. Hg
- E_I = verdampingsinterceptie regenwater in mm/dag
- R_c^1 = stralingsintensiteitsafhankelijke oppervlakteweerstand in mm. Hg. dag/mm

De voor de berekeningen benodigde meteorologische basisgegevens werden ontleend aan de maandoverzichten van het KNMI voor het station de Kooy en aan gegevens van het proefstation van Akkerbouw en Groenteteelt in de volle grond te Alkmaar (afd. T. O. B.). Daar bij laatstgenoemd station alleen over de maanden mei tot en met september 1977 de meteogegevens werden uitgegeven, zijn tussen de straling, windsnelheid, temperatuur en luchtvochtigheid de relaties berekend voor de maanden oktober, november en december 1977. Met deze verbanden konden de ontbrekende maanden voor Alkmaar ten opzichte van De Kooy worden ingevuld. De gegevens van het PAGV te Alkmaar werden van de dichtstbijzijnde proefpolders gebruikt zoals de polder de Wijde Wormer en de polder Beetskoog. Voor de polder Baarsdorpermeer en de Slikvenpolder werd het meetstation De Kooy gebruikt.

De op 6 meter hoogte gemeten waarden van de windsnelheid werden met behulp van een reductie formule omgerekend tot 2 meter standaardhoogte voor De Kooy. Ook de windsnelheidsgegevens uit Alkmaar werden gecorrigeerd van de meethoogte van 1,50 m tot 2 meter standaardhoogte.

Voor de bepaling van $f(Z_0, d)$ werd een keer per week op alle objecten de gewashoogte gemeten. De hoge windsnelheden in Noord-Holland kunnen er de oorzaak van zijn dat de verdamping van het gewas wat is overschat. Over het algemeen is de E_0 (openwater verdamping) lager uitgevallen dan de potentiële verdamping. De negatieve verdamping in het najaar kunnen zijn ontstaan door de hoge luchtvochtigheden en en lage temperaturen.

3.2. Berekening actuele verdamping

Voor de berekening van de actuele verdamping werd gebruik gemaakt van de methode Feddes (1976), waarbij er van uit wordt gegaan dat er drie verdampfases zijn namelijk een verdamping met een reductie als de pF lager is dan 1,3, een verdamping die potentieel is met een pF tussen 1,3 en 2,7 en een verdamping met reductie als de pF tussen 2,7 en 4,3 ligt, waarbij wordt aangenomen dat de verdamping lineair met de diepte verloopt.

In formule is deze weergegeven als:

$$E_{pl}^{act} = \int_0^l S dz \quad (5)$$

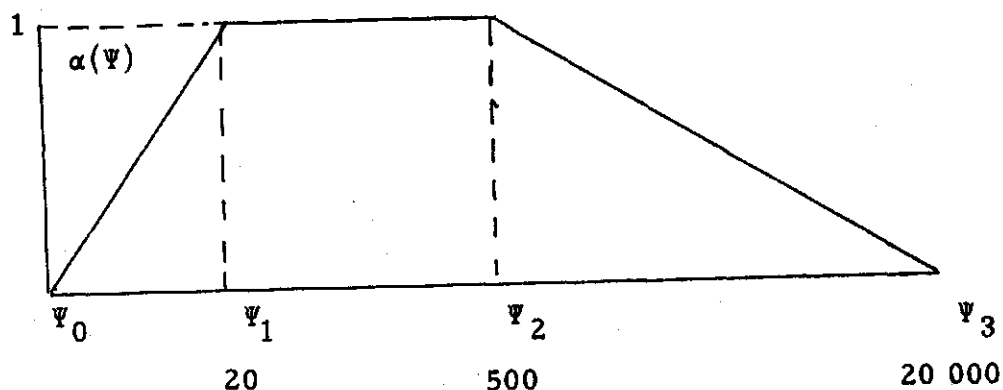
waarin $S = \alpha(\Psi) \frac{E_{pl}^{act}}{4}$

l = diepte in de wortelzone

4 = maximale bewortelingsdiepte

o = de laag waar Ψ is gemeten

$\alpha(\Psi)$ = vochtspanningsafhankelijke reductiefactor volgens de relatie



$$\begin{array}{lcl}
 0 < \Psi < 20 & \rightarrow & \alpha(\Psi) = \frac{\Psi}{20} \\
 20 < \Psi < 500 & \rightarrow & \alpha(\Psi) = 1 \\
 500 < \Psi < 20\,000 & \rightarrow & \alpha(\Psi) = \frac{\Psi - 20\,000}{500 - 20\,000}
 \end{array}$$

Als voorbeeld voor de toepassing van de berekeningsmethode is de waarde van E_{pl}^{act} berekend voor kleigrond. Bij dit rekenvoorbeeld wordt een E_{pot} berekend van 35 mm over 7 dagen.

De worteldiepte is 30 cm. Per 10 cm geeft dit een onttrekking aan de wortelzone van 1,67 mm. De zuigspanningen in de diverse grondlagen van 10 cm geven nu volgens tabel 1 op:

Tabel 1. Weergave rekenvoorbeeld, meetdiepte, zuigspanning, reductiefactor, potentiële verdamping en de actuele verdamping

	$\Psi_{t1 - t2}$	$\alpha(\Psi)$	E_{pl}^{pot}	E_{pl}^{act}
10 cm -mv. pF 3,0	3000	0,87	1,67	1,45
20 cm -mv. pF 2,0	100	1,0	1,67	1,67
30 cm - mv. pF 1,0	10	0,5	1,67	0,83

De totale E_{pl}^{act} is per dag dus 3,95 mm, per 7 dagen dus 27,6 mm. De berekende E_{pot} was 35 mm. Er treedt dus een reductie in de verdamping op van 7,4 mm. Tabel 2 geeft per jaar, per periode-lengte en per object de E_{pot} , het verdampingstekort, de E_{act} en de openwater verdamping (E_o) weer. De in deze tabel genoemde objecten zijn als volgt afgekort:

polder de Wijde Wormer = WW

polder Beetskoog = BK

polder Baarsdorpermeer = BD

Silkvenpolder = SV

Tabel 2. Potentiële verdamping, verdampingstekort, werkelijke verdamping en open water verdamping gedurende het groeiseizoen

Jaar	Aantal dagen	Object	E _{pot} mm	Verdam- pings te- kort mm	E _{act} mm	E _o mm
1977	167	WW I	341,6	20,6	321,0	299
		WW II	348,0	23,2	324,8	299
		WW III	335,7	8,5	327,2	299
	167	BK I	342,2	13,5	328,7	299
		BK II	327,9	3,7	324,2	299
	159	BD I	333,2	9,9	323,3	300
		BD II	334,7	28,6	306,1	300
	159	SV I	328,4	9,5	318,9	300
SV II		329,7	33,7	296,0	300	
1978	210	WW I	636,2	18,2	618,0	561
		WW II	639,5	97,6	541,9	561
		WW III	650,5	43,1	607,4	561
	210	BK I	607,9	6,5	601,4	561
		BK II	606,7	4,2	602,5	561
	210	BD I	580,1	18,9	561,2	489
		BD II	592,1	70,8	521,3	489
	210	SV I	562,6	92,8	469,8	489
		SV II	582,4	61,3	521,1	489

3.3. Berekening van de hydrologische constanten

Voor de berekening van afvoer en kwel voor de proefobjecten werd gebruik gemaakt van de waterbalansvergelijking over een balansperiode:

$$A - K = N - E - \Delta V \text{ (mm)} \quad (6)$$

hierin is A = afvoer (mm)

K = kwel (mm)

N = neerslag (mm)

E = actuele verdamping (mm)

ΔV = verandering in de vochtinhoud van het profiel (mm)

In de waterbalansvergelijking zijn de twee termen A en K in het linker lid van de vergelijking onbekend. De termen N, E en ΔV in het rechter lid van de vergelijking zijn door meting of berekening bekend, zodat de som van A - K bekend is. De beide termen kunnen worden gesplitst door voor A te schrijven:

$$A = \frac{h_x - h_{sl}}{Y} \quad (\text{m. dag}^{-1}) \quad (7)$$

waarin Y = drainageweerstand (dagen)

h_x = stijghoogte van het ondiepe grondwater (m - NAP)

h_{sl} = slootpeil (m - NAP)

en voor K te schrijven

$$K = \frac{h_d - h_x}{c} \quad (\text{m. dag}^{-1}) \quad (8)$$

waarin h_d = stijghoogte van het diepe grondwater (m - NAP)

c = verticale weerstand van het afdekkend pakket (dagen)

Voor A - K is dus te schrijven:

$$A - K = \left(\frac{1}{Y} + \frac{1}{c} \right) h_x - \frac{1}{Y} h_{sl} - \frac{1}{c} h_d \quad (9)$$

Uit vergelijking (9) blijkt dat er bij constant slootpeil (h_{sl}) en stijghoogte van het diepe grondwater (h_d) er een lineair verband bestaat tussen A - K en de ondiepe grondwaterstand (h_x). Bij de proefpercelen die werden omsloten door de sloten A en B zijn in figuur A 1 t/m 9 de slootpeilen uitgezet tegen de gemeten grondwaterstanden van een buis op ca. 2 meter afstand van deze sloot. Uit de gegevens blijkt dat in het algemeen de fluctuatie in de grondwaterstanden belangrijk groter is dan de slechts geringe fluctuatie in de slootpeilen. Bij de berekeningen is daarom uitgegaan van een constante waarde voor het slootpeil (h_{sl}). Bij de berekeningen van de kwel werd uitgegaan van figuur B 1 t/m 8. De spreiding in het waarnemingsmateriaal wordt behalve door waarnemingsfouten (vooral in perioden met zware regenbuien) ook grotendeels veroorzaakt door het optreden van oppervlakte-afvoer. In dergelijke gevallen bestaat er geen lineair verband tussen A - K en de grondwaterstand. Als de grondwaterstand gelijk is aan de slootwaterstand dan is de afvoer (A) uit het perceel

naar de sloot toe gelijk aan nul. De waarde van $A - K$ is voor dit punt dus gelijk aan de positieve - of negatieve kwel (K), die bij deze grondwaterstand optreedt. Bij bekende stijghoogte van het diepe grondwater is is onder deze omstandigheden de C -waarde dan als de enige onbekende te berekenen uit vergelijking 8.

In de volgende tabel zijn de berekende C -waarden en de drainageweerstand (Υ) weergegeven.

Tabel 3. Waarden voor h_d , h_x in m - NAP, de kwel (K) in $m \cdot dag^{-1}$ en de berekende C -waarde en drainageweerstand (Υ) in dagen

Polder	Object	h_d m	h_x m	K $m \cdot dag^{-1}$	h m	C dagen	Υ dagen
Wijde Wormer	I	-3,619	-4,532	0,00028	0,913	3261	184
	II	-3,737	-4,560	0,000205	0,823	4015	106
	III	-3,678	-5,001	0,00034	1,323	3891	829
Beetskoog	I	-3,176	-2,365	-0,000137	-0,811	5920	253
	II	-3,476	-2,489	-0,000134	-0,987	7366	494
Baarsdorpermeer	I	-3,067	-4,613	0,00044	1,546	3513	517
	II	-3,067	-3,915	0,00021	0,848	4038	332
Slikvenpolder	I	-1,837	-1,603	-0,000139	-0,234	1683	572
	II	-1,709	-1,358	-0,00015	-0,351	2340	454

fig. B De helling van de lijnen in fig. B geeft de waarde van de coëfficiënt ($\frac{1}{\Upsilon} + \frac{1}{C}$) aan. Door substitutie van de hiervoor verkregen C -waarde kan de drainageweerstand (Υ) worden berekend. De kruisjes in fig. B geven de winterperiodes aan waarbij is aangenomen dat de verdamping op nul kan worden gesteld. In de Wijde Wormer object III en Beetskoog object II zijn een aantal winterperiodes met een hoge grondwaterstand en veel neerslag weggelaten om de reden dat hier veel oppervlakte-afvoer heeft plaatsgevonden.

fig. C In fig. C is met de uit de waterbalans verkregen hydrologische constanten het verloop van de afvoer naar de sloten (A) en de kwel uit de ondergrond (K) per maand volgens vergelijking (7) en (8) berekend. Omdat voor hydrologische berekeningen veelal gebruik wordt gemaakt van gemiddelde grondwaterstanden per perceel is hier niet (h_x) bij de meetopstelling gebruikt maar van h_p . Dit is de grondwaterstand op $1/5$ van de

breedte van het proefperceel. Tevens is hierbij gebruik gemaakt van de gemeten waarde van de stijghoogte van het diepe grondwater. In het algemeen geven de kwelpolders de Wijde Wormer en Baarsdorpermeer een constante kwelaanvoer. De negatieve kwel bij de infiltratiepolders Beetskoog en Slikvenpolder varieert met het peil van het diepe en ondiepe grondwater. Afvoer treedt alleen in de winter op door de hoge grondwaterstanden en relatief lage slootpeilen. In de Slikvenpolder treedt bij de objecten I en II in de zomer 1978 een positieve kwel op ondanks dat het een infiltratiepolder is.

Dit wordt mede veroorzaakt door de lage stand van het ondiepe grondwater en de relatief grote stijghoogte van het diepe grondwater in deze periode. Tevens is in fig. C de gemiddelde neerslag per dag over een maand weergegeven.

Voor de berekening van de kD -waarden en de waarden van de radiale slootweerstand (w) is aangenomen dat de slootweerstand de stroming op ca. 2 meter afstand uit de sloot niet meer beïnvloedt. In fig. D 1 t/m 8 zijn de maandgemiddelden van het slootpeil, de waterstand onder de slootbodem en de grondwaterstanden uit de waarnemingsbuizen op vaste afstanden tot de sloot A uitgezet. De aanvoer vanuit de sloten naar het perceel is zo gering dat het grondwater in de zomer bij hoge verdamping diep daalt. Het gevolg is dat eventuele verhoging van de slootpeilen weinig nut zal hebben voor de watervoorziening van het gewas. De verschillen in de slootpeilen bij Slikvenpolder object I worden veroorzaakt door het feit dat in sloot B dammen zijn gebouwd waardoor de directe verbinding met het polderpeil is verbroken. Uit fig. D is dus af te leiden dat de slootweerstand hoog zijn zoals ook is weergegeven in tabel 4.

Voor de horizontale stroming tussen twee punten in het perceel geldt de stromingsvergelijking (PANKOW en RIJTEMA, 1970).

$$A = \frac{(h_1 - h_2) \cosh \frac{x_1}{\sqrt{kDc}}}{x_2 \frac{x_1}{C(\cosh \sqrt{kDc} - \cosh \sqrt{kDc})}} \quad \text{m. dag}^{-1} \quad (10)$$

hierin is: A = de afvoer (m. dag^{-1})

x_1 = de afstand van het meetpunt bij de gammameetbuizen t. o. v. het midden van het perceel (m)

x_2 = halve perceelsbreedte min 2 meter (m)

h_1 = ondiepe grondwaterstand bij de meetopstelling
(m - NAP)

h_2 = ondiepe grondwaterstand 2 meter uit de sloot
(m - NAP)

kD = doorlatend vermogen in $m^2 \cdot dag^{-1}$

Aangezien de kD -waarde in vergelijking (10) bij gegeven waarden van A , h_1 , h_2 , x_1 , x_2 , en C niet direct oplosbaar is, zijn door een aantal aangenomen kD -waarden bijvoorbeeld 1 t/m 10, met de gegeven waarden van h_1 , h_2 , x_1 , x_2 en C , afvoeren berekend. Door grafische interpolatie van de bekende afvoer kan nu op eenvoudige wijze de juiste kD -waarde worden bepaald. Voor de waarden van h_1 en h_2 zijn uitsluitend de zomerperioden gebruikt om de invloed van diepe greppels en moldrainage te vermijden. Nadat de kD -waarden bekend zijn kan men volgens ERNST (1962) de radiale slootweerstand berekenen uit:

$$\Upsilon = \frac{1^2}{8 kD} + 1\omega \quad (11)$$

Met behulp van de hierboven beschreven werkwijze is van al de objecten eerst de kD - en daarna de ω -waarde bepaald. De resultaten van de berekeningen zijn weergegeven in tabel 4.

Tabel 4. De berekende gemiddelde waarden voor de afvoer, h_1, h_2 , kD -waarden en slootweerstand (ω) + grenswaarden voor de verschillende objecten

Object polder		Perceels- breedte m	Afvoer m. dag ⁻¹	$h_1 - h_2$ m	kD m. dag ⁻¹	ω dag. m ⁻¹	Grenswaar- de ω dag. m ⁻¹
Wijde Wormer	I	81	-0,00089	0,164	9,3	1,2	1,7
	II	80	-0,00071	0,075	24,4	0,9	1,1
	III	116	-0,00041	0,336	2,8	2,0	4,6
Beetskoog	I	44	-0,00177	0,449	1,1	0,8	3,3
	II	75	-0,00115	0,569	1,8	1,4	4,0
Baarsdorpermeer	I	106	-0,00039	0,204	14,8	4,0	4,4
	II	101	-0,00094	0,313	7,7	1,6	2,5
Slikvenpolder	I	48	-0,00062	0,352	3,4	10,2	11,0
	II	78	-0,00044	0,198	22,8	5,4	5,6

De grenswaarden van de slootweerstand zijn berekend volgens de formule

$$\bar{\gamma} = \frac{l^2}{16 kD} + 1\omega \quad (11a)$$

De reden waarom de grenswaarden zijn gegeven ligt aan het feit dat de proefpercelen zijn omringd door sloten. Formule (11) geldt voor een zeer lang perceel, terwijl de proefpercelen meer op een vierkant leken. Om deze reden zijn met behulp van vergelijking (11a) daarvoor ook nog grenswaarden gegeven.

Fig. E. Voor een nadere controle van de gegevens zijn in de figuren E de berekende waarden van N-E act. tegen de tijd uitgezet. In dezelfde figuur is ook de gesommeerde vochtonttrekking uit het profiel en de grondwaterstand op de meetdagen van de gammametingen weergegeven.

Fig. F In het algemeen blijkt tussen de drie grootheden een overeenkomstig verloop te zijn. In figuur F is de totale vochtonttrekking uit het profiel ten opzichte van de grondwaterstand op de meetdagen weergegeven en het vochtverlies uit het profiel voor perioden met weinig of geen neerslag en een uitdrogend profiel. Vooral in perioden met neerslag en een droog profiel treedt een spreiding in de ligging van de punten op. De reden moet vooral worden gezocht in de langzame herbevochtiging van het kleidek, zoals bleek uit de gammametingen. Door scheurvorming na uitdroging van het kleidek vindt er een snelle afvoer van overtollige neerslag naar de ondergrond plaats, waardoor de relatie tussen vochtonttrekking en de grondwaterstand wordt doorbroken. De in figuur F aangetoonde spreiding tengevolge van de langzame herbevochtiging heeft als consequentie, dat in een regenrijke periode na uitdroging van het profiel een deel van de neerslag tot afvoer komt voordat de vochtverdeling in het profiel weer in evenwicht is met de grondwaterstand.

4. SAMENVATTING EN CONCLUSIES

Voor een aantal proefplekken in de polders Wijde Wormer(WW) Beetskoog (BK), Baarsdorpermeer (BD) en de Slikvenpolder (SV) werden met behulp van een waterbalansanalyse de hydrologische constanten voor deze proefplekken bepaald. Uit de verkregen resultaten bleek

dat de C-waarden per proefobject binnen een polder nogal varieerden. In het volgende overzicht zijn de gemiddelde waarden van de drukverschillen weergegeven van $h_d - h_x$, de kwel, de C-waarden en de drainageweerstand per polder.

	(m)	Kwel mm. dag ⁻¹	C-waarde	Drainage- weerstand
WW	1,020 m	0,28	3722	373
BK	-0,899	-0,14	6643	374
BD	1,197	0,33	3776	425
SV	-0,293	-0,14	2012	513

Zowel in 1977 als in 1978 kwamen, ondanks de hoge slootpeilen, op alle objecten reducties in verdamping voor.

In perioden met neerslagoverschotten treedt bij een droog profiel slechts een langzame bevochtiging van het kleidek op. Dit heeft tot gevolg dat de relatie tussen gesommeerde vochtonttrekking en grondwaterstand die op basis van uitdroging is gevonden, onder deze omstandigheden niet geldig is. Het gevolg is, dat hoewel nog grote vochttekorten in het kleidek aanwezig zijn, er grote stijgingen van de grondwaterstand kunnen optreden, waardoor een deel van de neerslag onder deze omstandigheden reeds wordt afgevoerd. Bij de berekening van de gemiddelde waarden van de slootweerstanden zijn ook de grenswaarden gegeven. Dit ligt aan het feit dat de proefpercelen meer op vierkanten leken en omringd werden door sloten. In het volgende overzicht zijn de gemiddelde waarden van de kD en ω weergegeven voor de proefpolders.

	kD m ² .dag ⁻¹	ω dag. m ⁻¹	grenswaarde ω dag. m ⁻¹
WW	12,2	1,4	2,5
BK	1,5	1,1	3,6
BD	11,3	2,8	3,5
SV	13,1	7,8	8,3

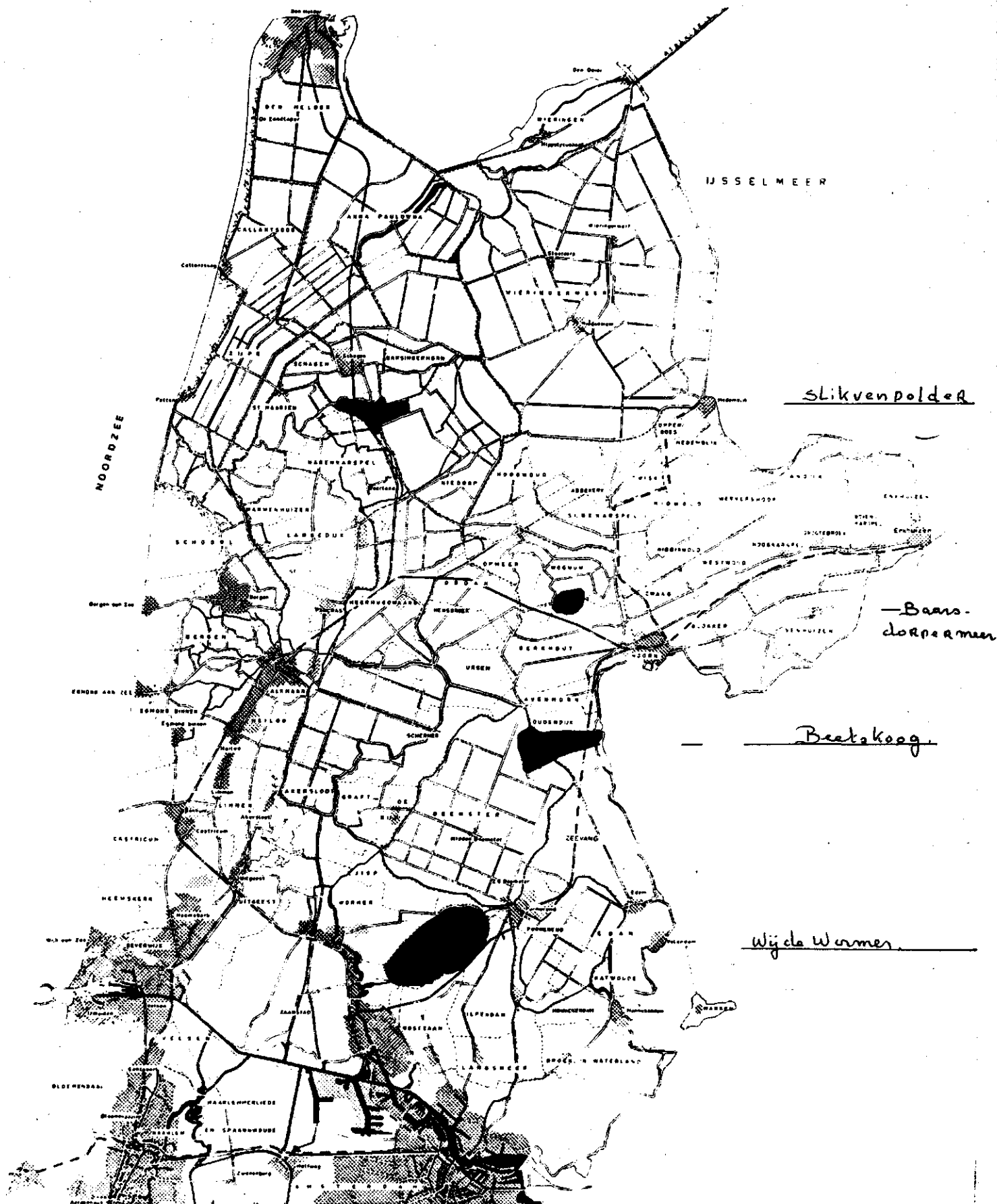
Gezien de waarden van de hydrologische constanten heeft slootpeilverhoging ten behoeve van een vergroting van de slootinfiltratie in deze polders weinig zin.

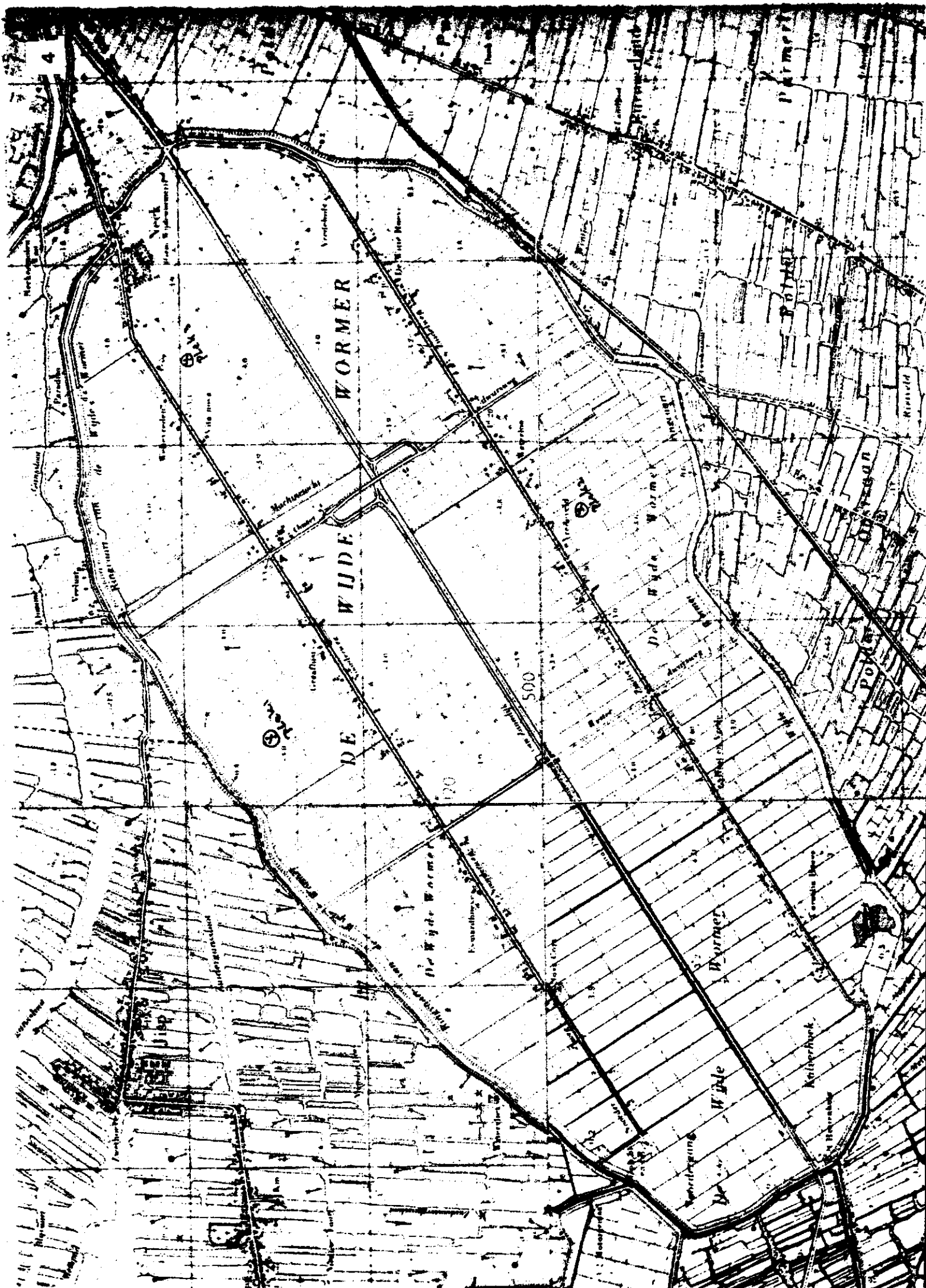
5. LITERATUUR

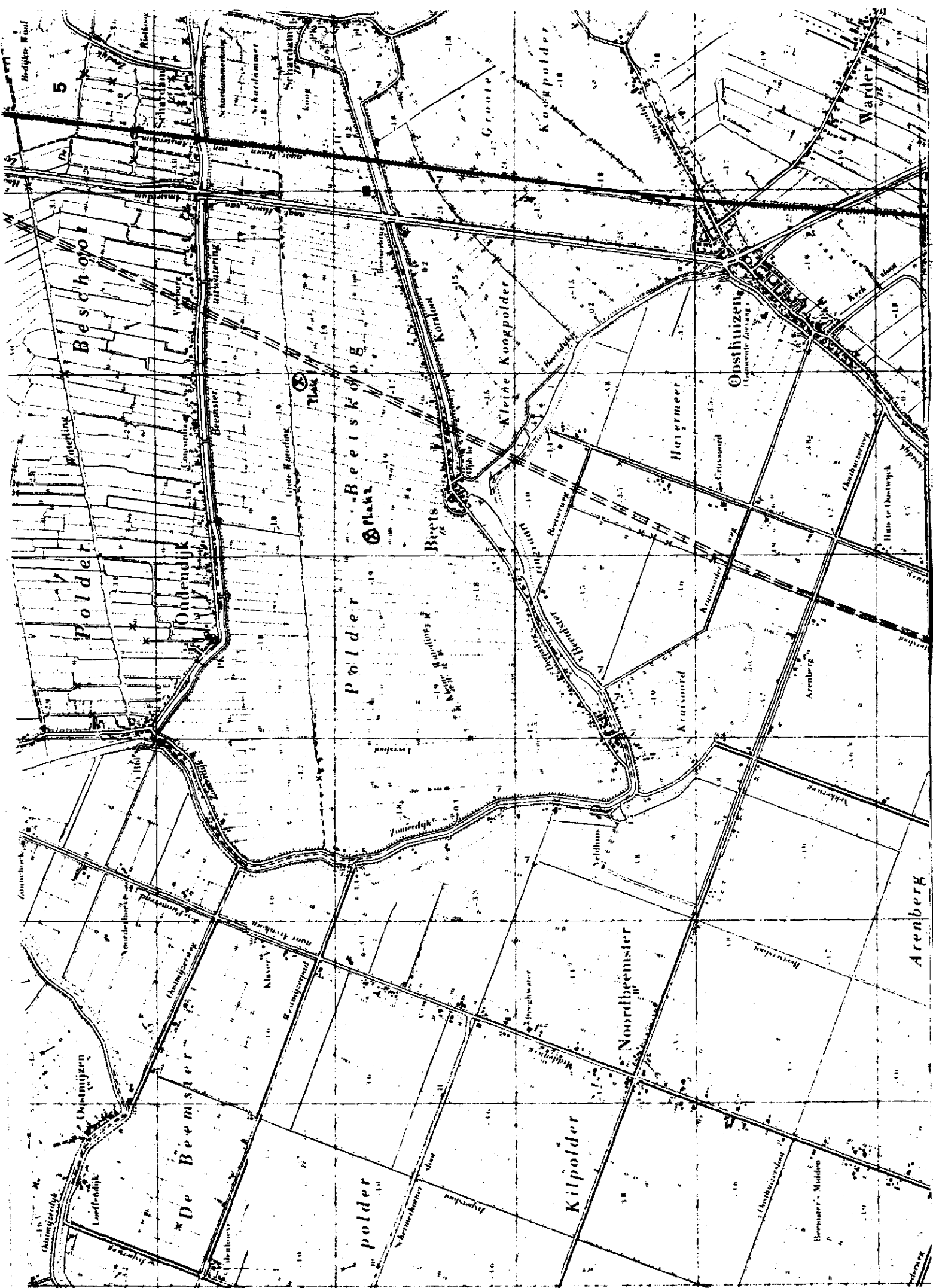
- ERNST, L. F., 1962. Grondwaterstromingen in de verzadigde zone en hun berekeningen bij aanwezigheid van horizontale evenwijdige open leidingen. Proefschrift Univ. Utrecht.
- FEDDES, R. A., KOWALIK, P., KOLINSKA-MALINKA, K., and ZARADUY, H., 1976. Simulation of field water uptake by plants using a new root extraction function. J. Hydrol (in press)
- FEDDES, R. A., KOWALIK, P., NEUMAN, S. P. and BRESLES 1976. Finite difference and finite element simulation of field water uptake by plants. ICW. Techn. Bull. 94.
- PANKOW, J. 1973. Het meten van het niet parallel lopen van gamma-meetbuizen bij de gammatransmissiemethode. ICW Nota 728.
- PANKOW, J. en P. E. Rijtema, 1970. De resultaten van het waterbalansonderzoek in 1968 voor objecten met een constant slootpeil in Hoenkoop. ICW Nota 567.
- PONS, L. J., J. L. KLOOSTERHUIS en J. A. HULSHOF, 1954. Rapport van de bodemgesteldheid van de provincie Noord-Holland.
- RIJTEMA, P. E., 1965. An analysis of actual evapotranspiration. Agric. Res. Rep. 659. Pudoc, Wageningen.
- RIJTEMA, P. E., 1969. The calculations of non-parallelism of gamma access tubes using soil sampling data. ICW, Techn. Bull. 67.
- RIJHINER, A. H. and J. Pankow, 1969. Soil moisture measurement by the gamma transmission method. ICW. Techn. Bull. 6.
- VEERMAN, G. J., 1980. Vocht karakteristieken en capillair geleidingsvermogen van enkele proefplekken in Noord-Holland. Werkgroep Noord-Holland. ICW Nota 1171 (concept).
- WILDE, J. G. S. DE, 1979. Begrenzing, oppervlakte, afvoer en peilen van de polders in Noord-Holland ten noorden van het IJ en het Noordzeekanaal. Werkgroep Noord-Holland IX. ICW Nota 1160 (concept).

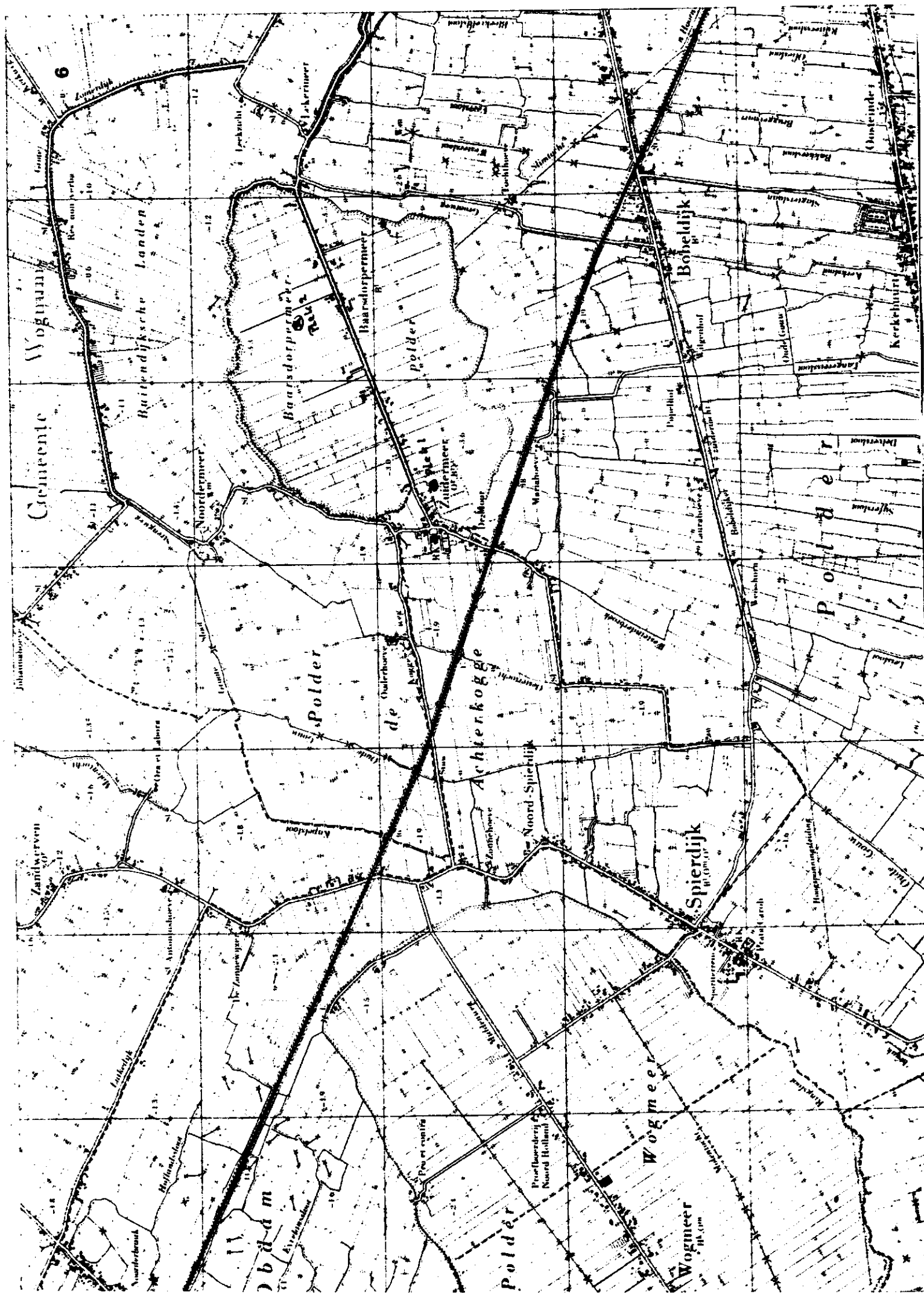
In principe werd uitgegaan van twee proefpercelen per polder. Daar dit in de Wijde Wormer problemen gaf met de verschillende grondsoorten werd er besloten in deze polder drie proefpercelen in te richten. Hieronder worden de proefpolders en proefplekken beschreven naar bodemkundige samenstelling volgens Stiboka 1954/56.

Wijde Wormer	oppervlakte 1632 ha (De Wilde, ICW, 1979)
proefplek 1	Coördinaat X 501.45 Y 120.50 Kalkrijke zware kleigrond (50% afslibbaar)
proefplek 2	Coördinaat X 499.10 Y 120.30 Slappe meestal kalkloze humeuze kleigrond, op 80-100cm -mv, zeezand, deels tot 50 cm dikke laag restveen of verteerd restveen
proefplek 3	Coördinaat X 502.10 Y 122.50 Kalkrijke lichte kleigrond (35-50% afslibbaar)
Beetskoog	oppervlakte 642 ha (De Wilde, ICW, 1979)
proefplek 1	Coördinaat X 512.00 Y 127.96 Organische grond met een dunne minerale bovengrond; de dikte van deze laag is meer dan 150 cm -mv
proefplek 2	Coördinaat X 511.63 Y 127.08 Organische grond met een dunne minerale bovengrond; de dikte van deze laag is 120 cm -mv.
Baarsdorpermeer	oppervlakte 210 ha (De Wilde, ICW, 1979)
proefplek 1	Coördinaat X 519.68 Y 127.60 Zware klei (> 50% afslibbaar)
proefplek 2	Coördinaat X 520.30 Y 128.39 Klei (> 35% afslibbaar)
Slikvenpolder	oppervlakte 297 ha (De Wilde, ICW, 1979)
proefplek 1	Coördinaat X 530.63 Y 117.98 Zware zavel (25-35% afslibbaar)
proefplek 2	Coördinaat X 531.26 Y 116.88 Diepe kalkhoudende zavel en lichte klei met matig humeuze kalkloze bovengrond (ondergrond meestal pikklei dieper dan 80 cm -mv)









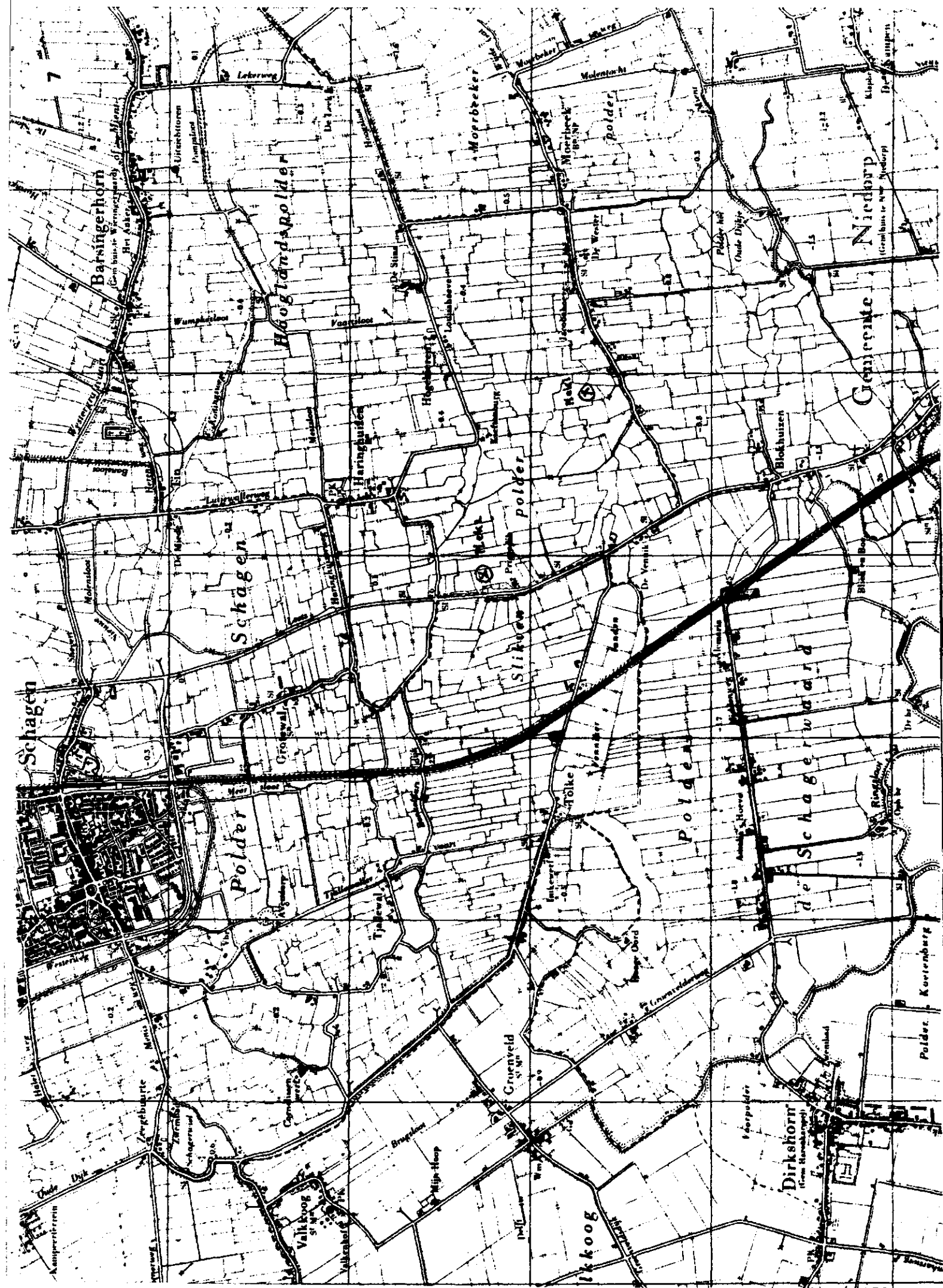


Fig. A. Het verband tussen slootpeil en de grondwaterstand op
ca. 2 meter vanaf de sloot.

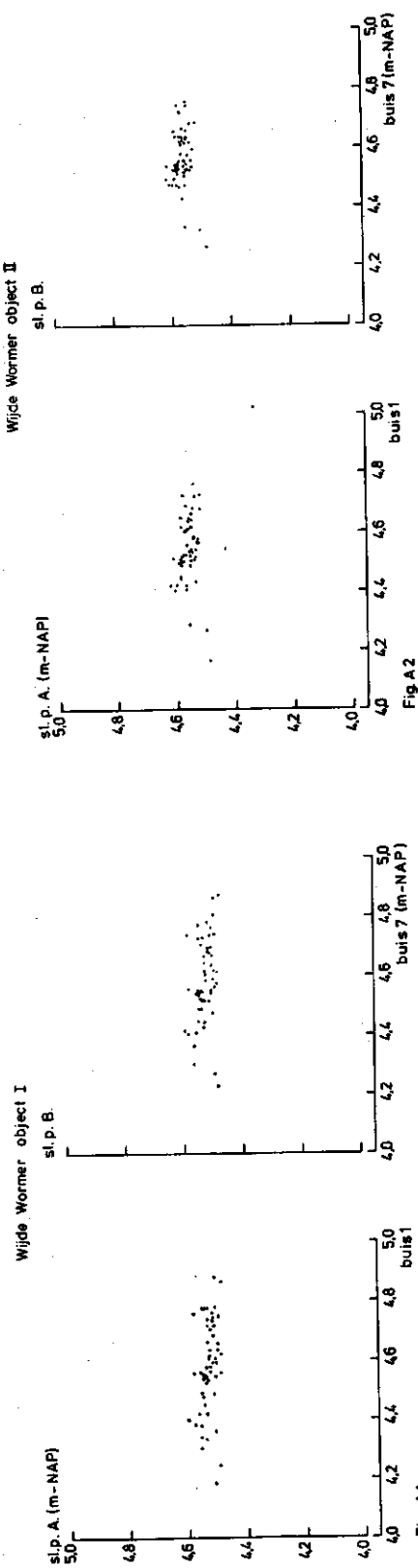


Fig. A1

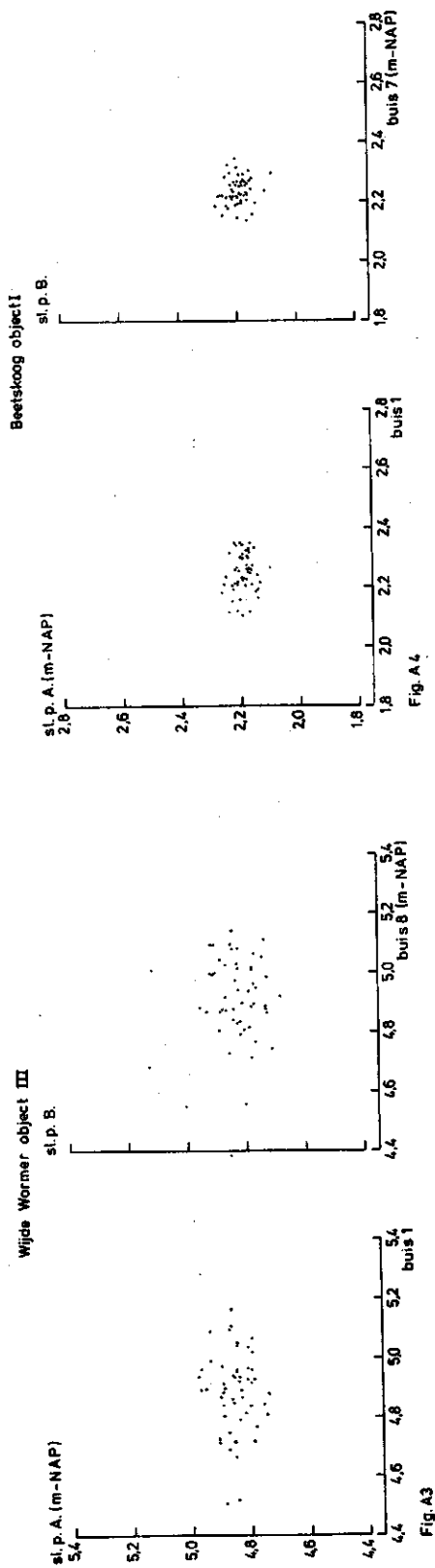


Fig. A3

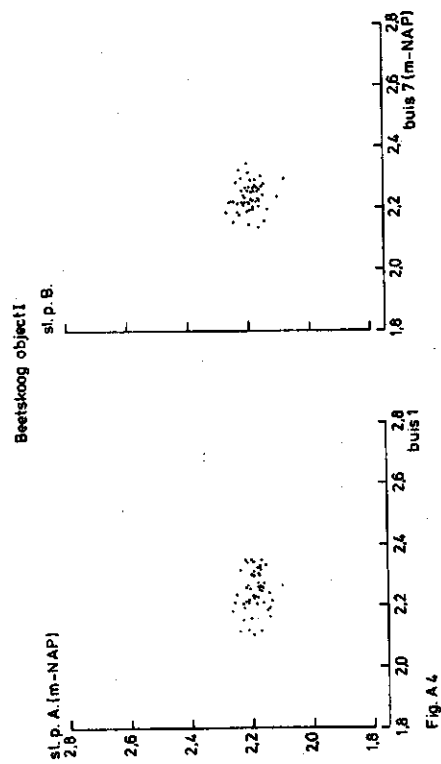


Fig. A2

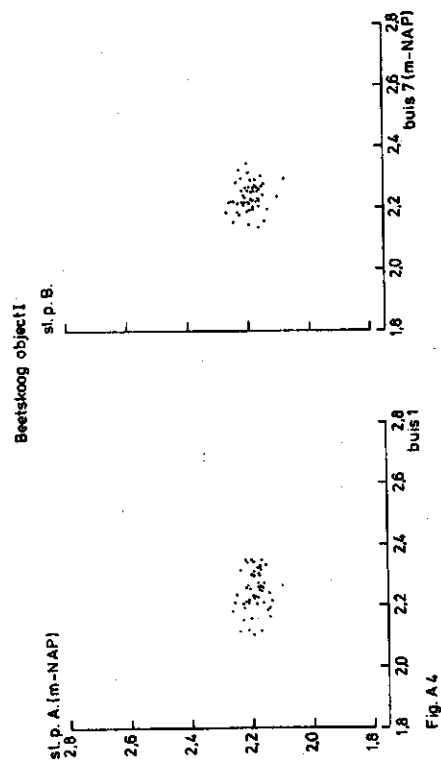


Fig. A4

Beetskoog object II

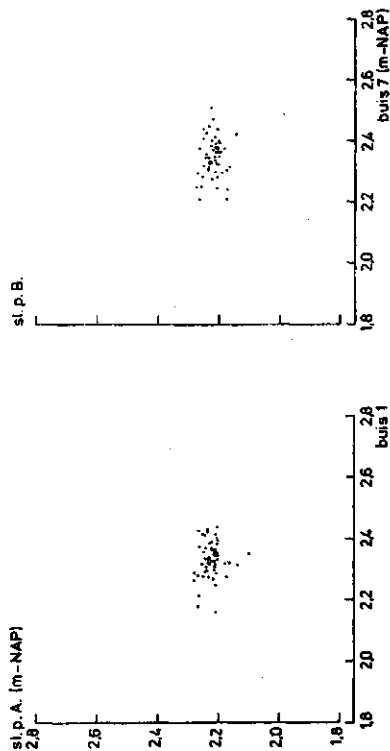


Fig. A5

Boorsdorpermeer object I

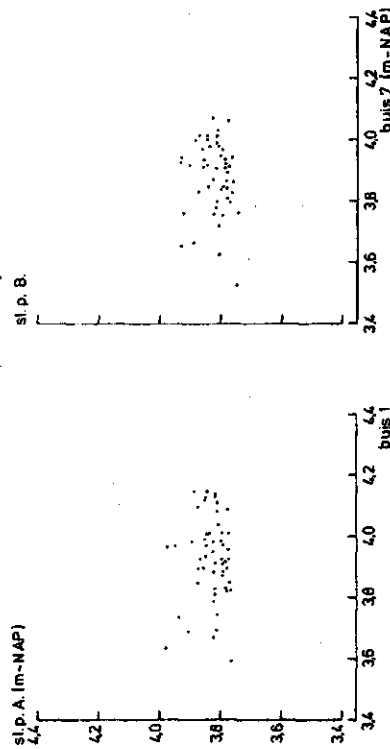


Fig. A6

Boorsdorpermeer object II

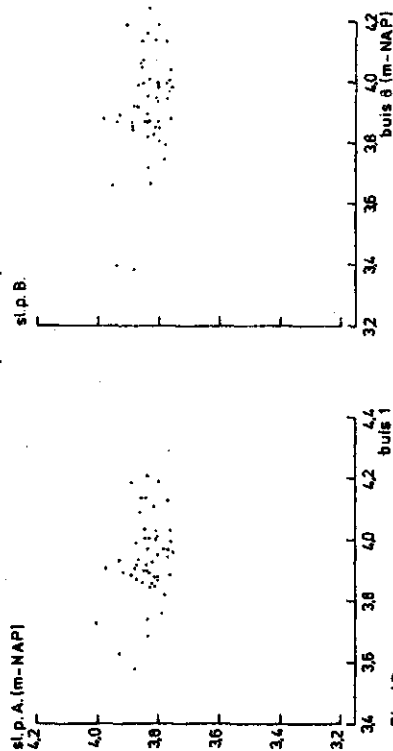


Fig. A7

Slikkenpolder object I

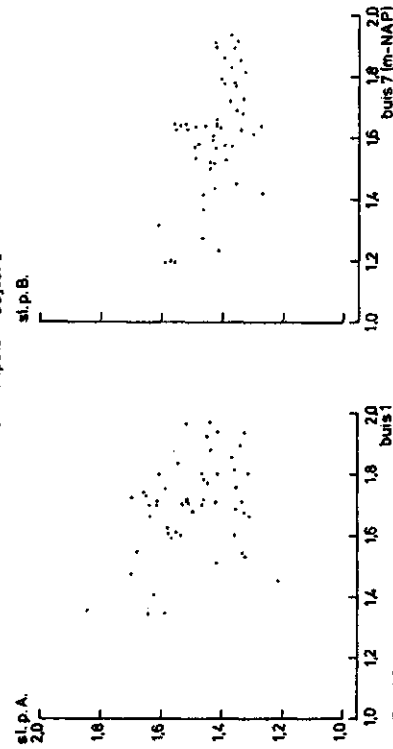


Fig. A8

slikkenpolder object II

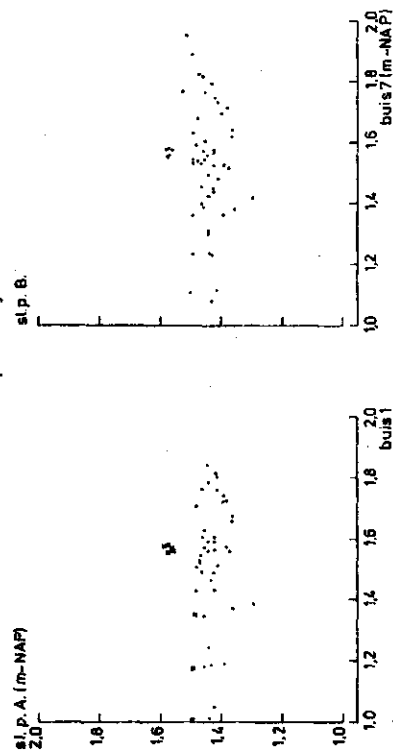
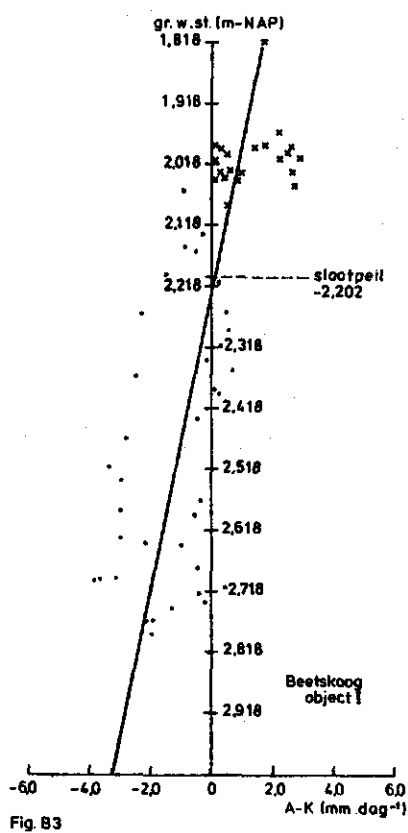
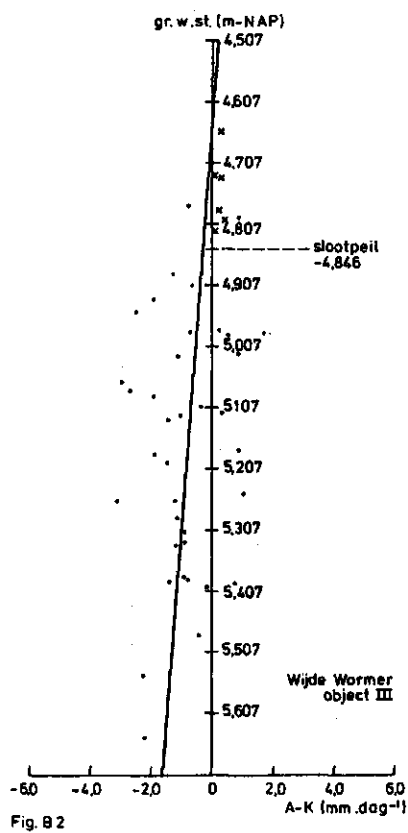
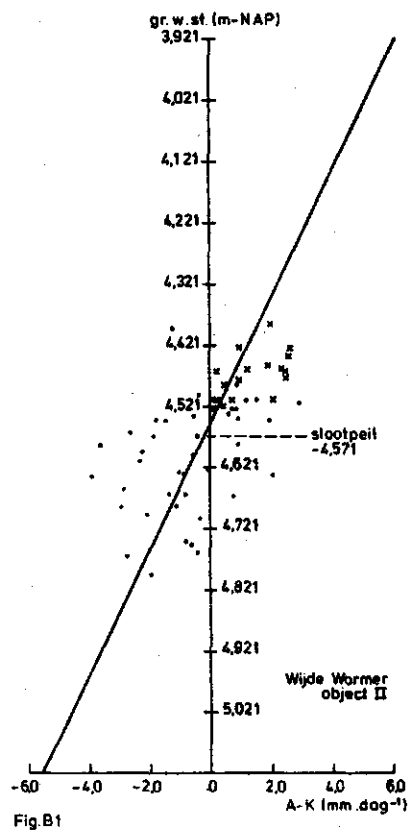
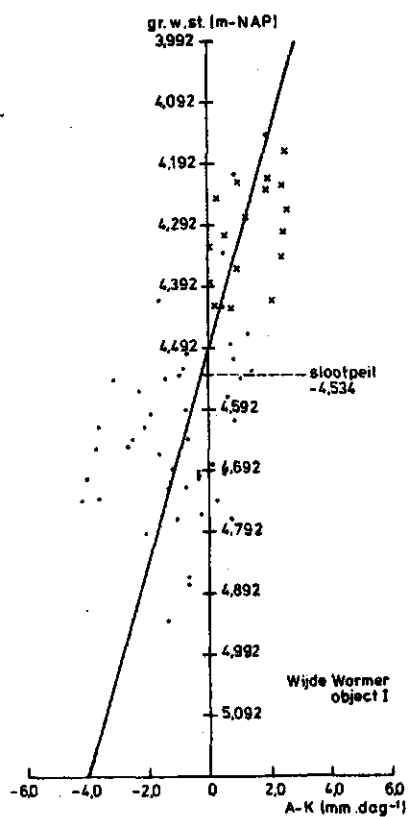
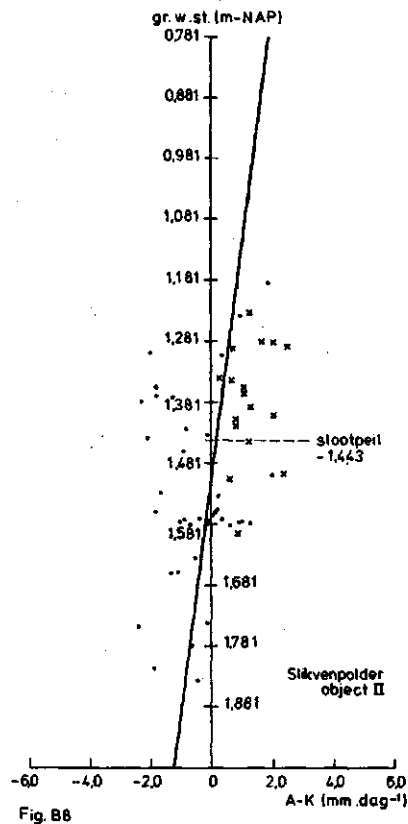
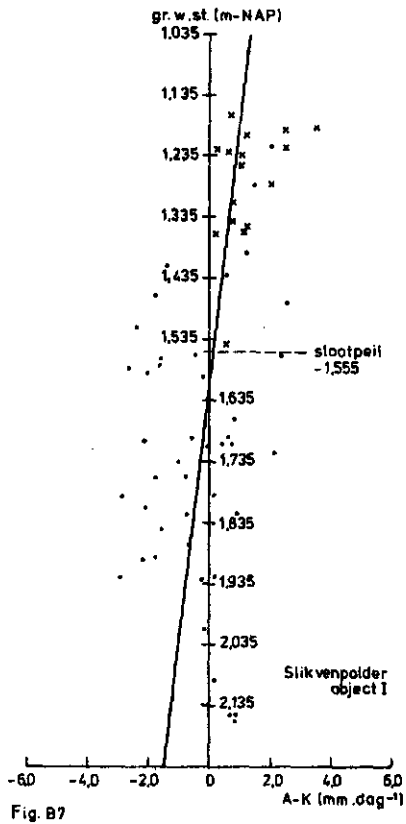
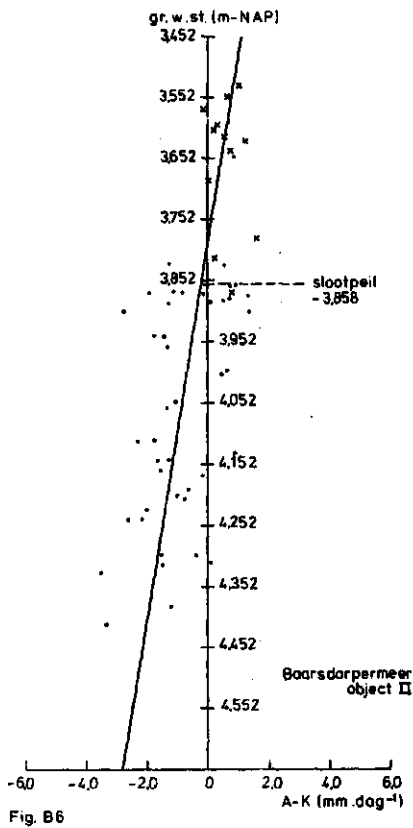
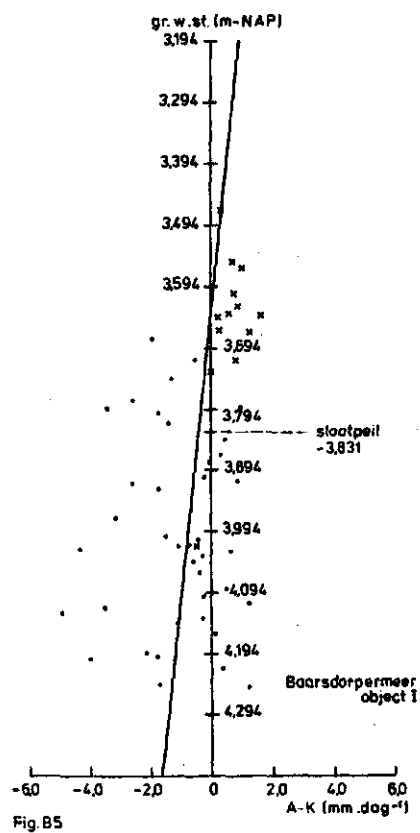
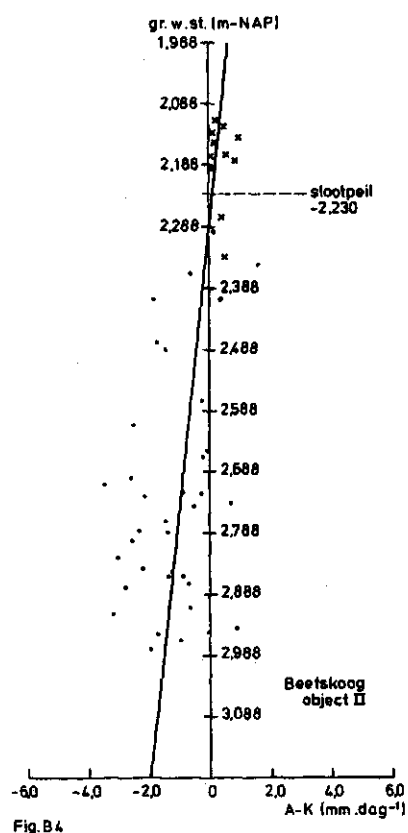
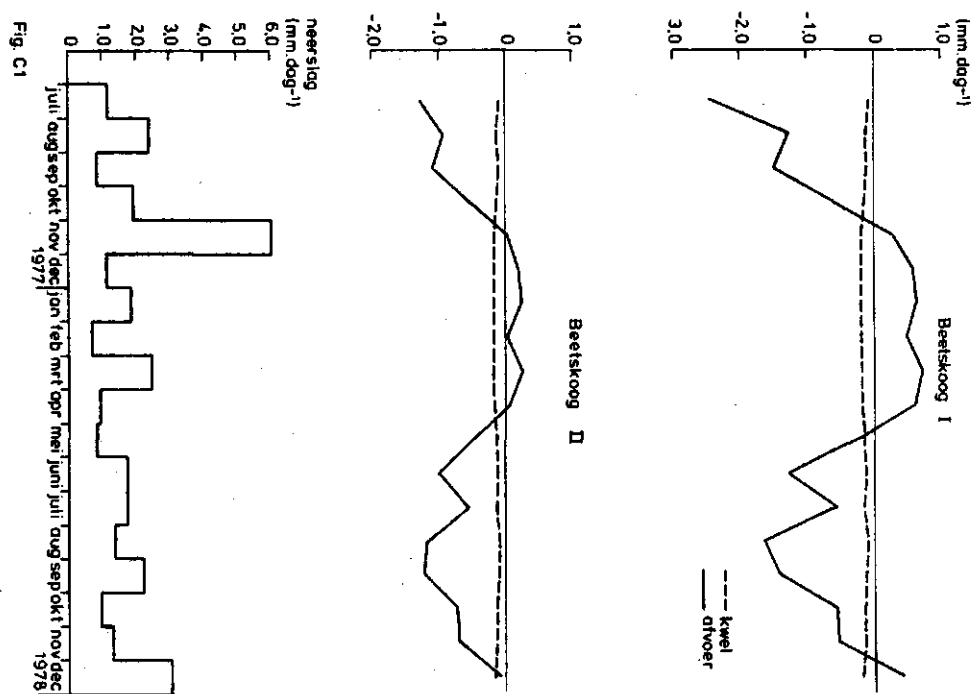
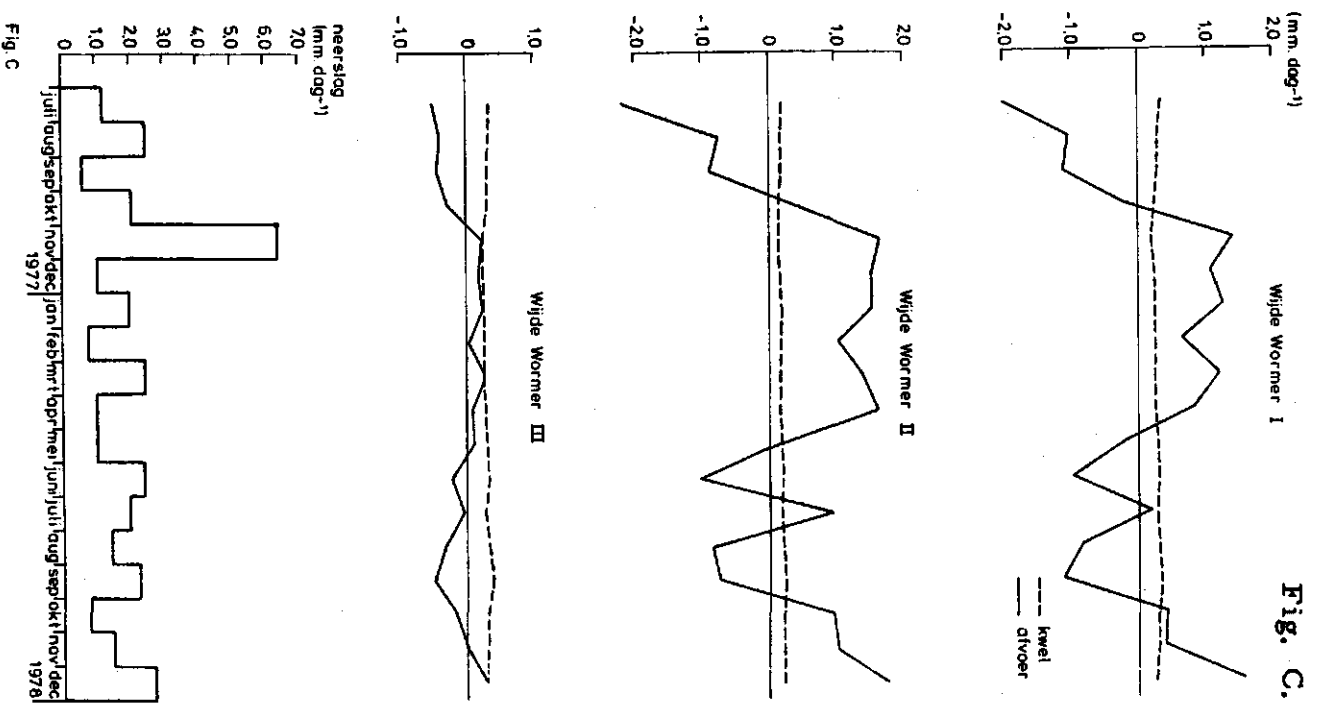


Fig. A9

Fig. B. Het verband tussen A-K en de ondiepe grondwaterstand.







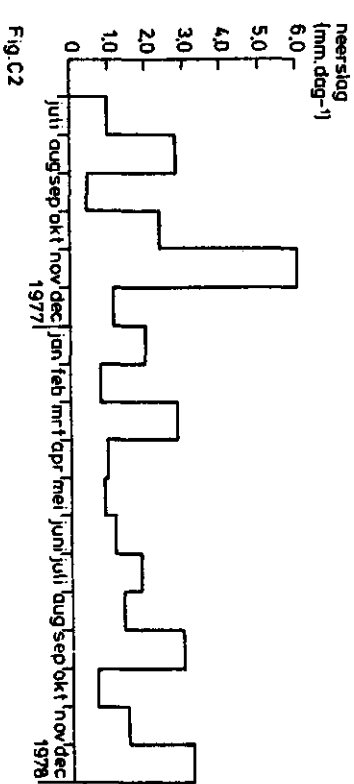
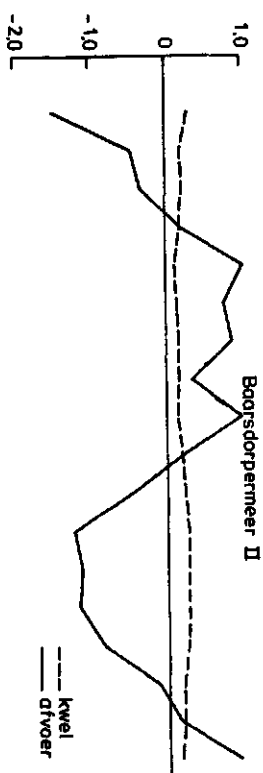
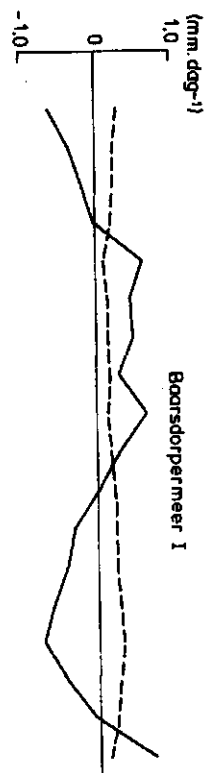


Fig. C2

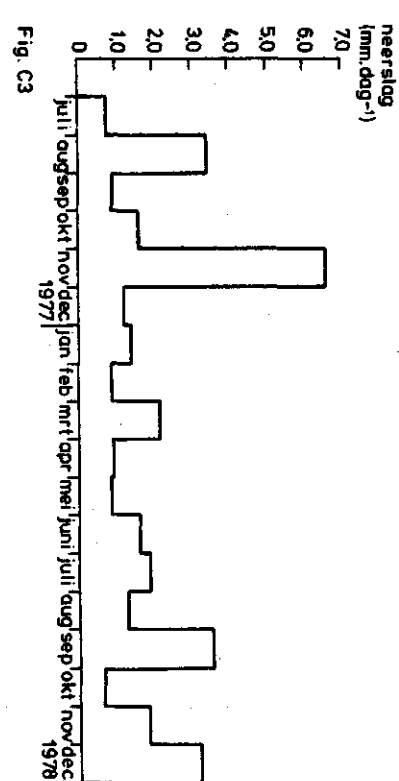
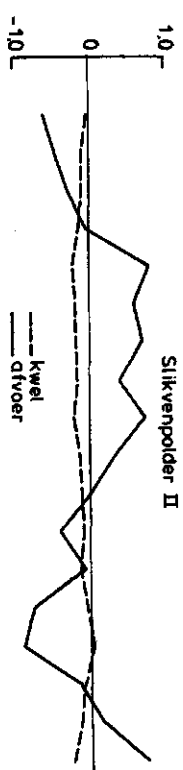
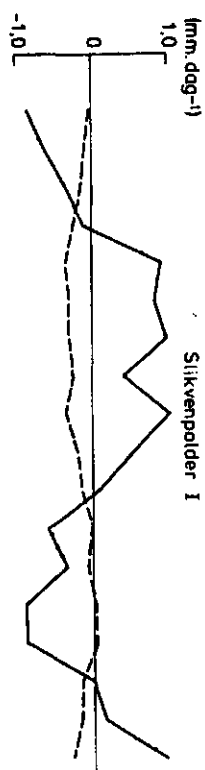


Fig. C3

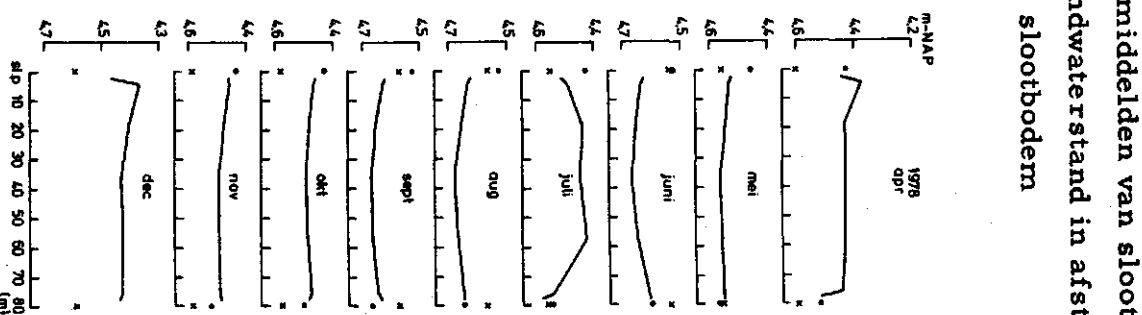
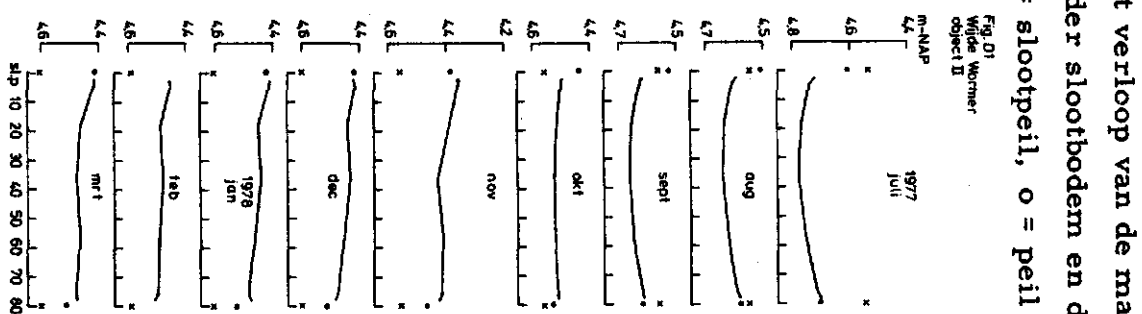
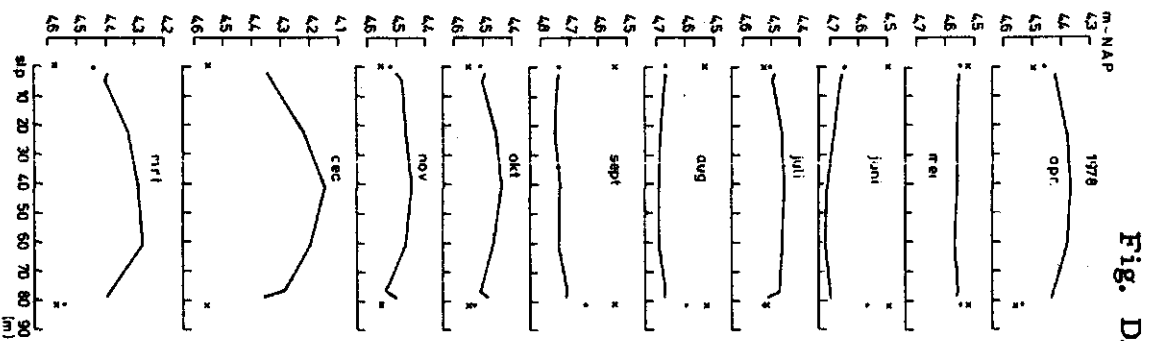
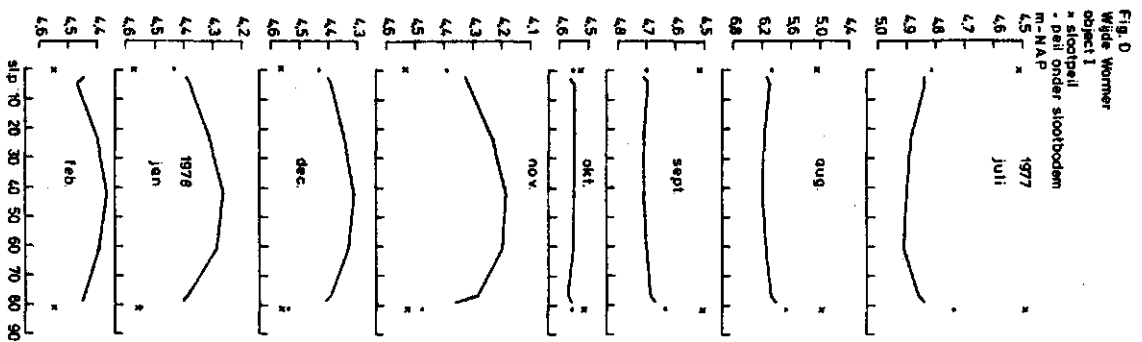


Fig D2
Wijde Warmer
object III

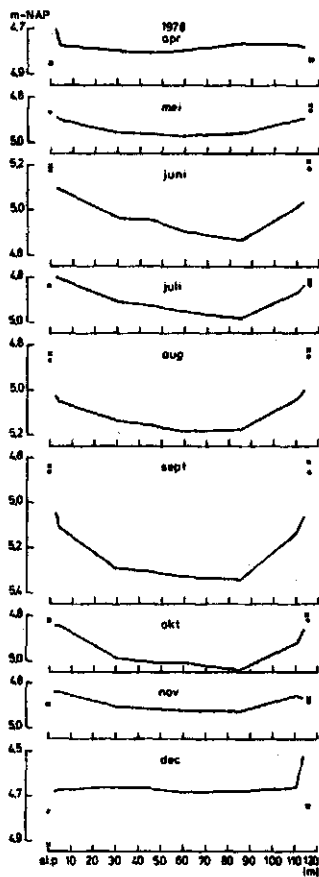
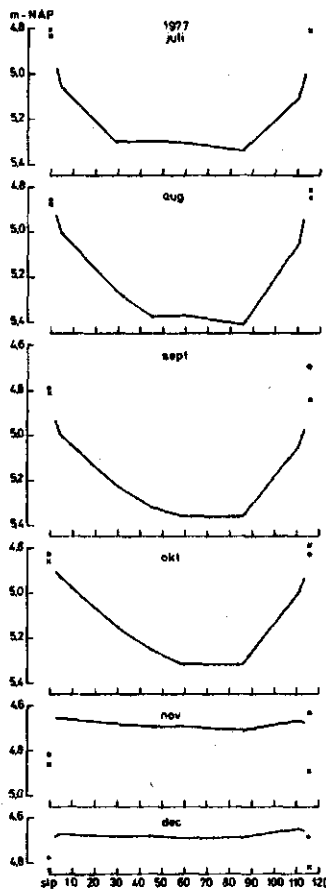


Fig D3
Beetskoog
object I

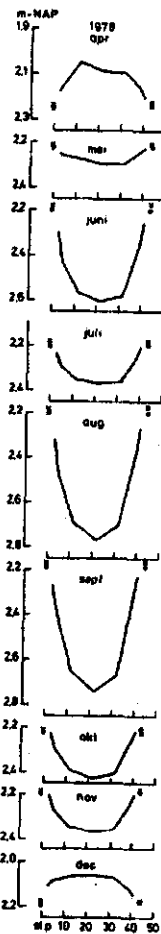
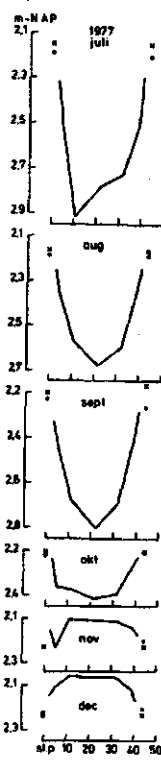


Fig D3a
Wijde Warmer
object III

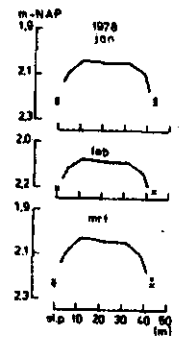
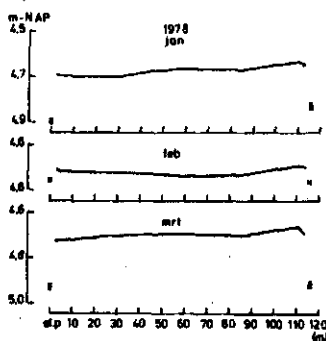


Fig. D4
Beetskoog
object II

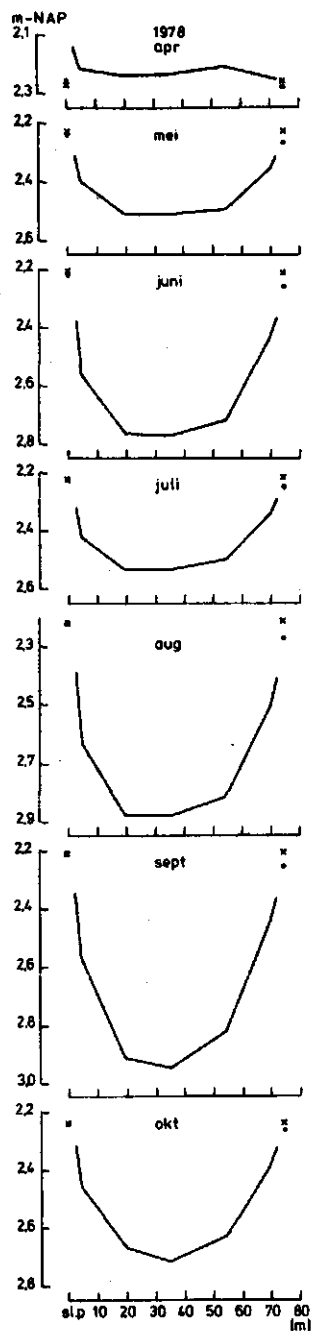
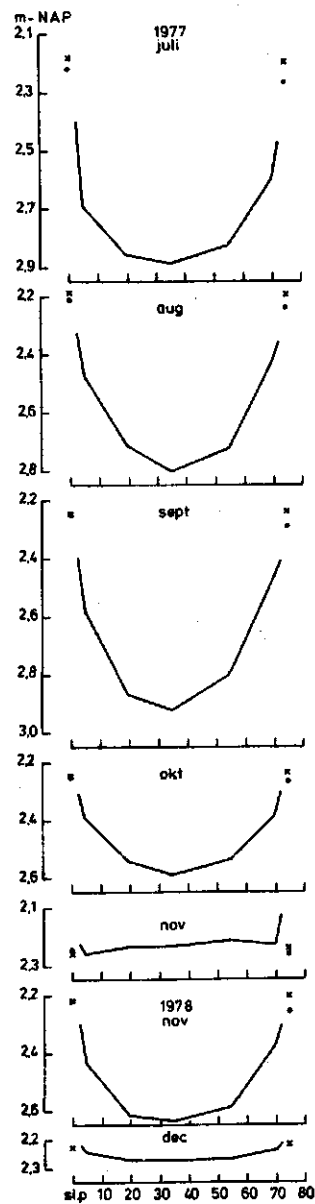


Fig. D4a
Beetskoog
object II

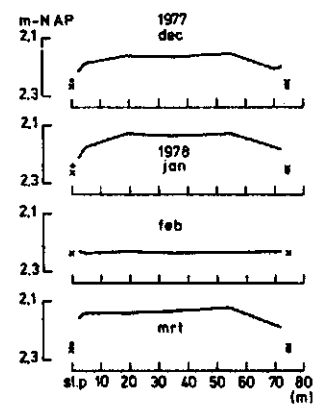


Fig. D5
Boorsdorpmeer
object I

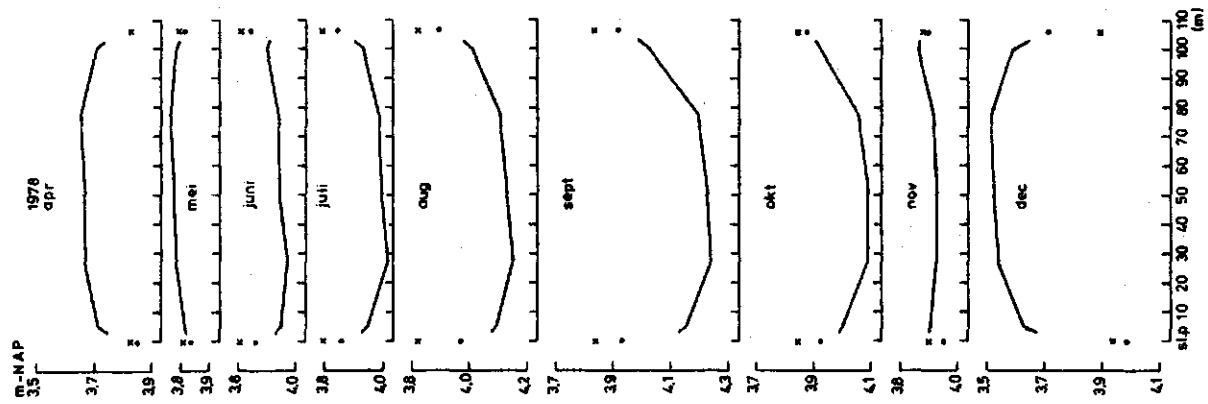
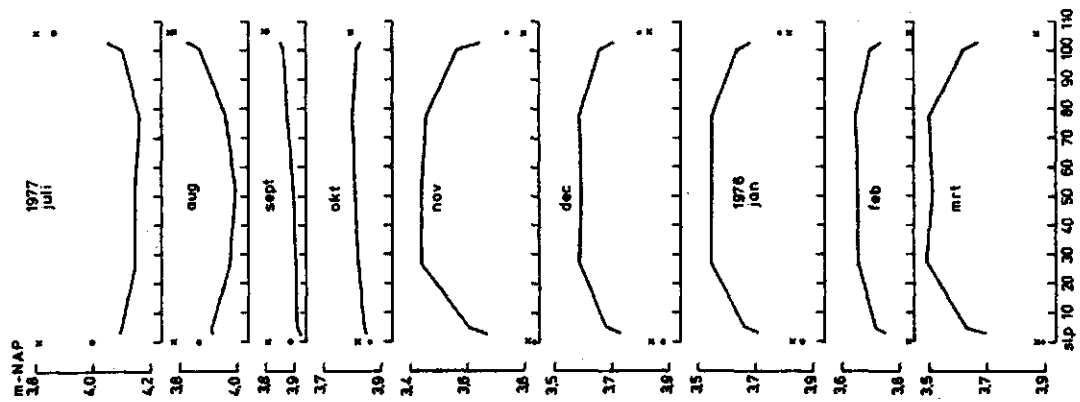


Fig. D6
Boorsdorpmeer
object II

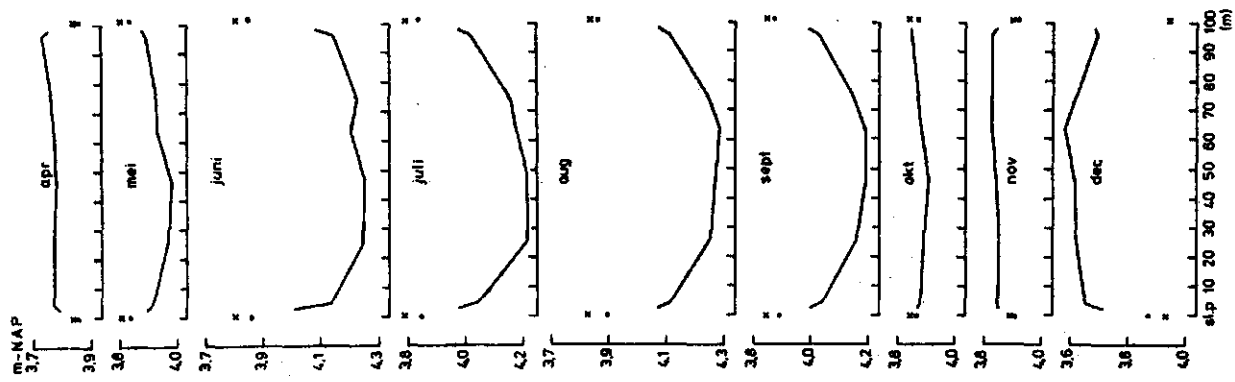
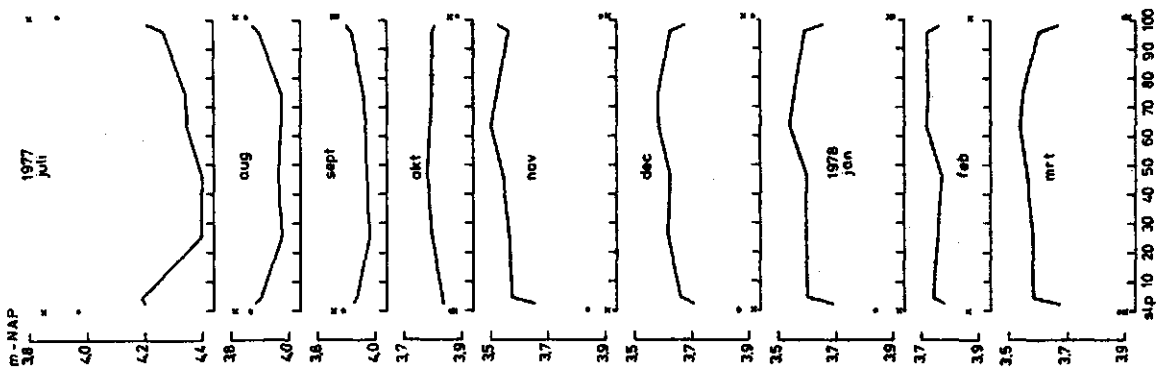


Fig D7
Släverpolder
object I

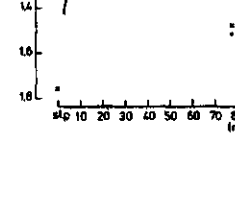
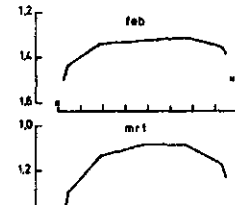
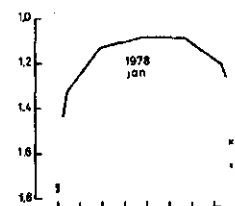
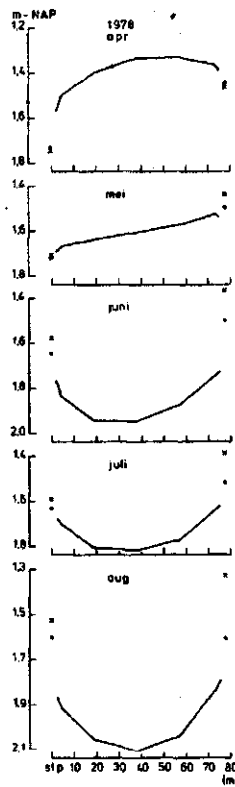
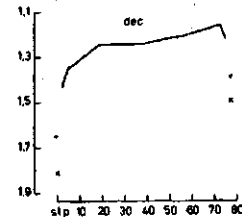
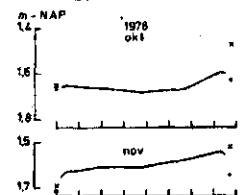
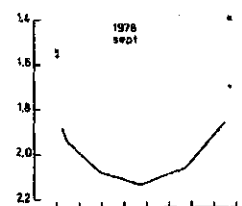
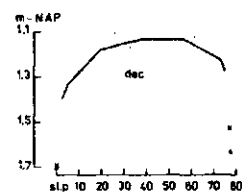
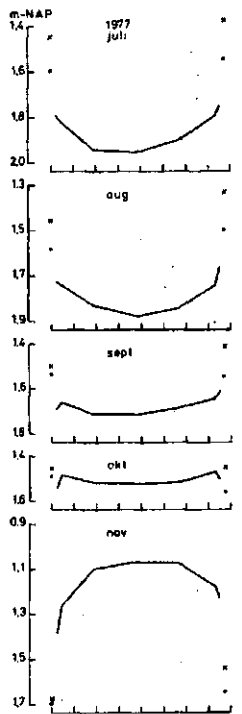


Fig D8
Släverpolder
object II

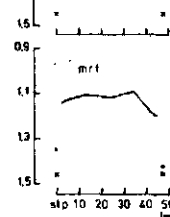
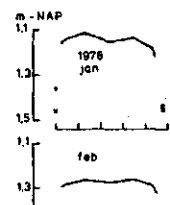
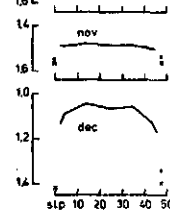
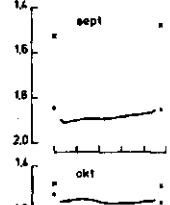
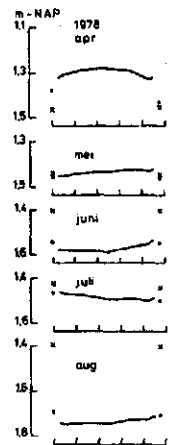
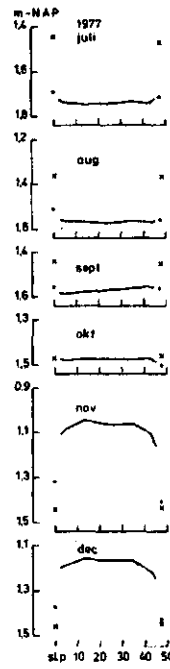


Fig. E. Het verloop van het berekende verdampingsoverschot, de
vochtonttrekking aan het profiel en de grondwaterstand.

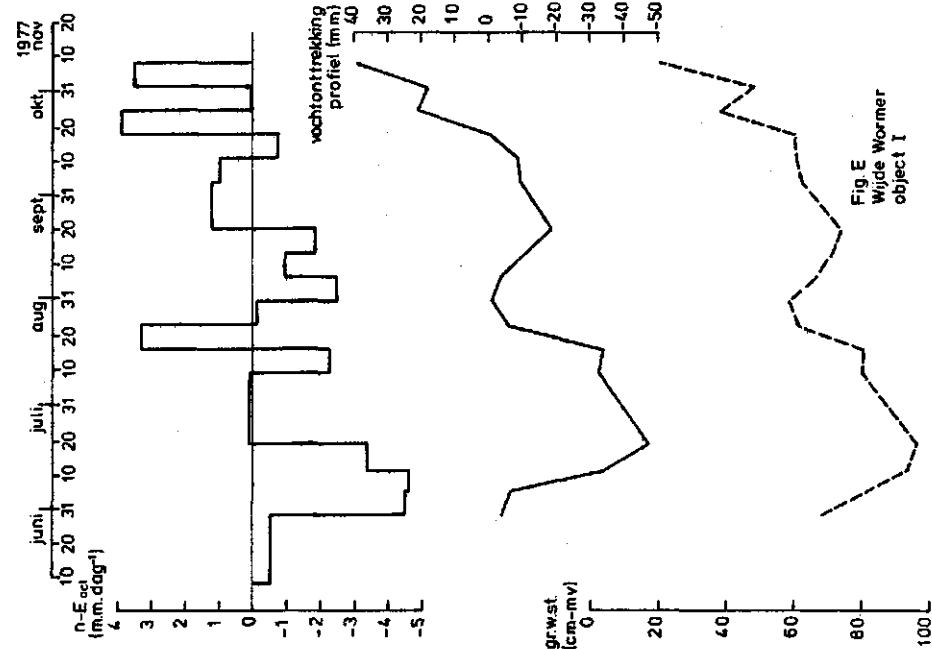


Fig. E
Wijde Wormer
object I

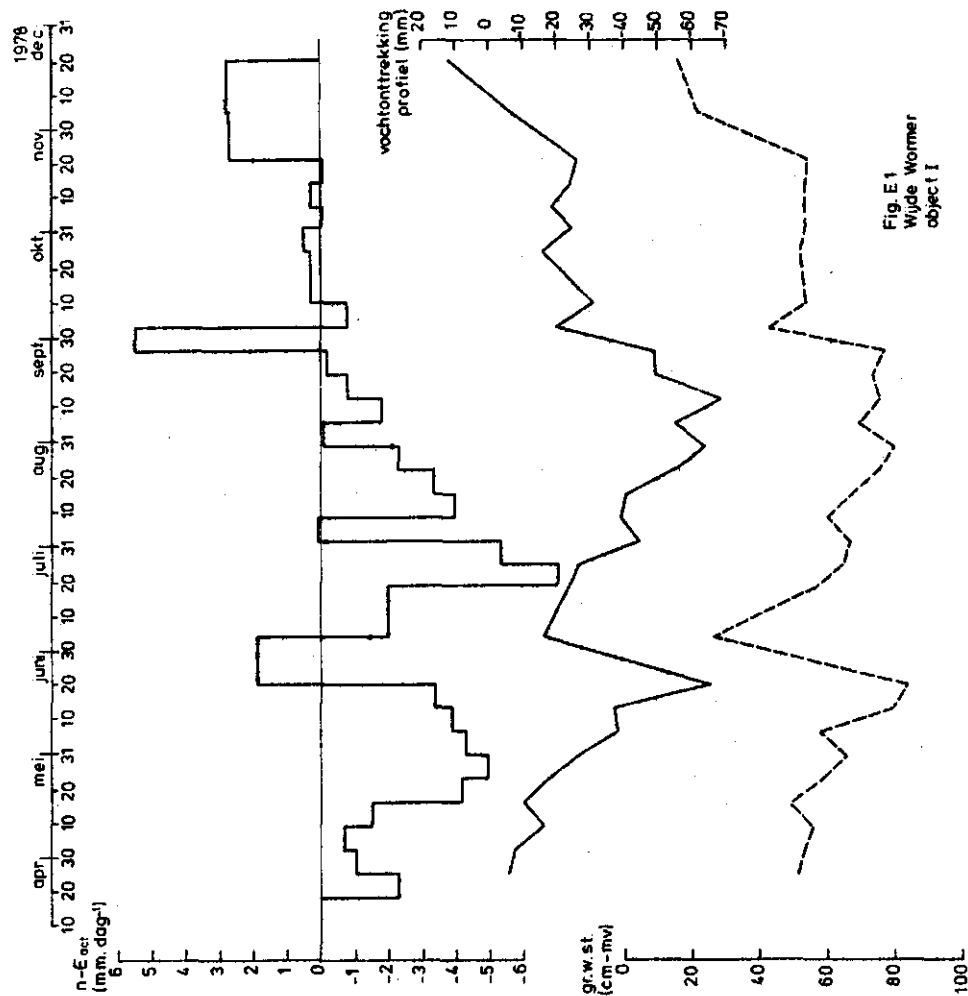


Fig. E1
Wijde Wormer
object I

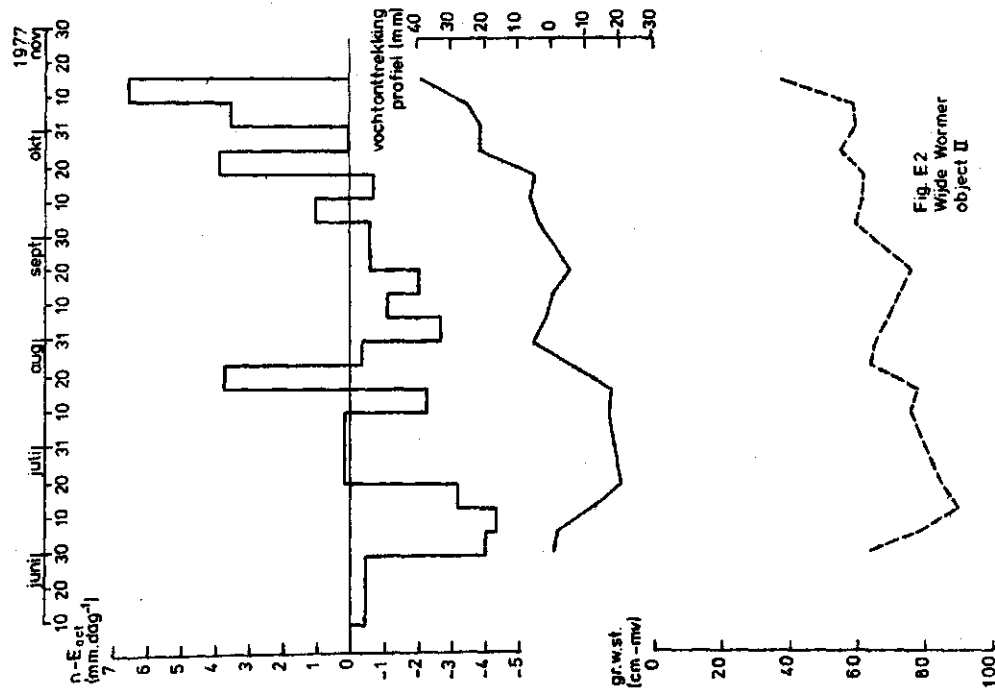


Fig. E2
Wide Wormer
object II

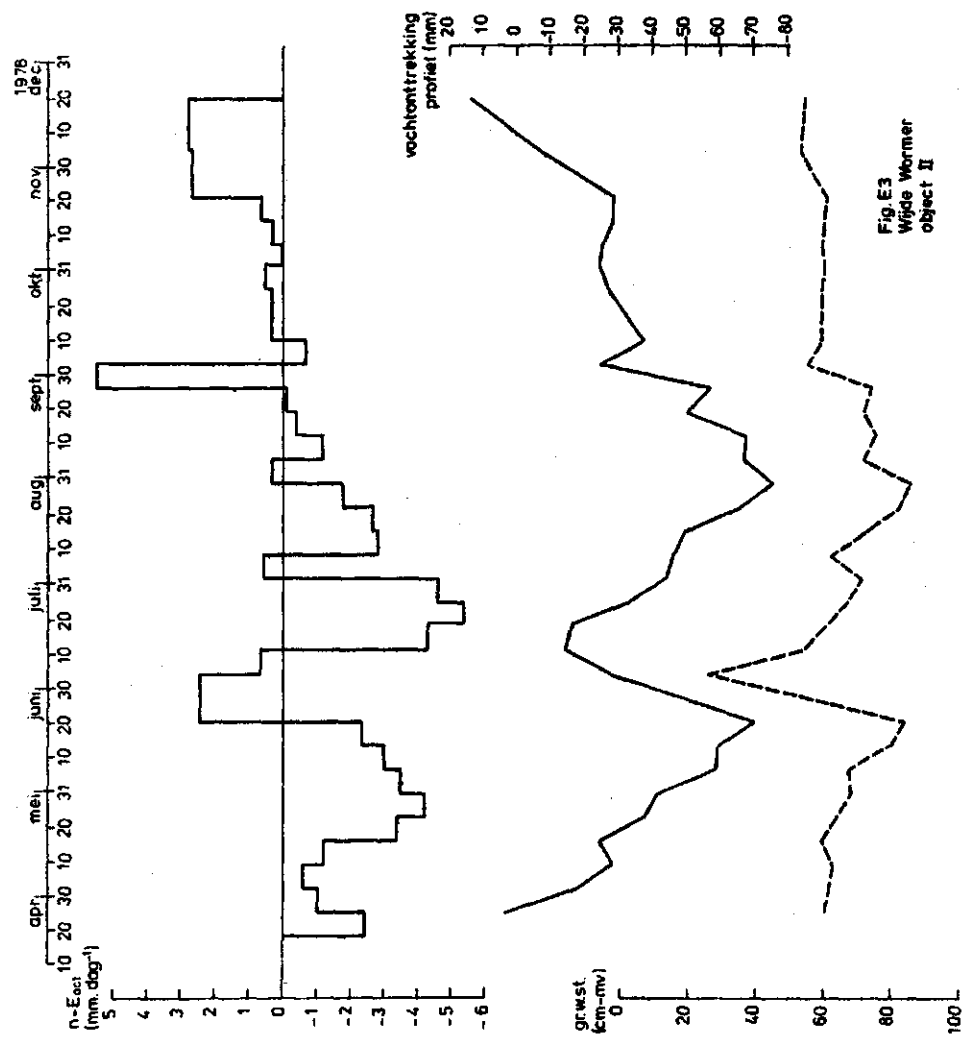


Fig. E3
Wide Wormer
object II

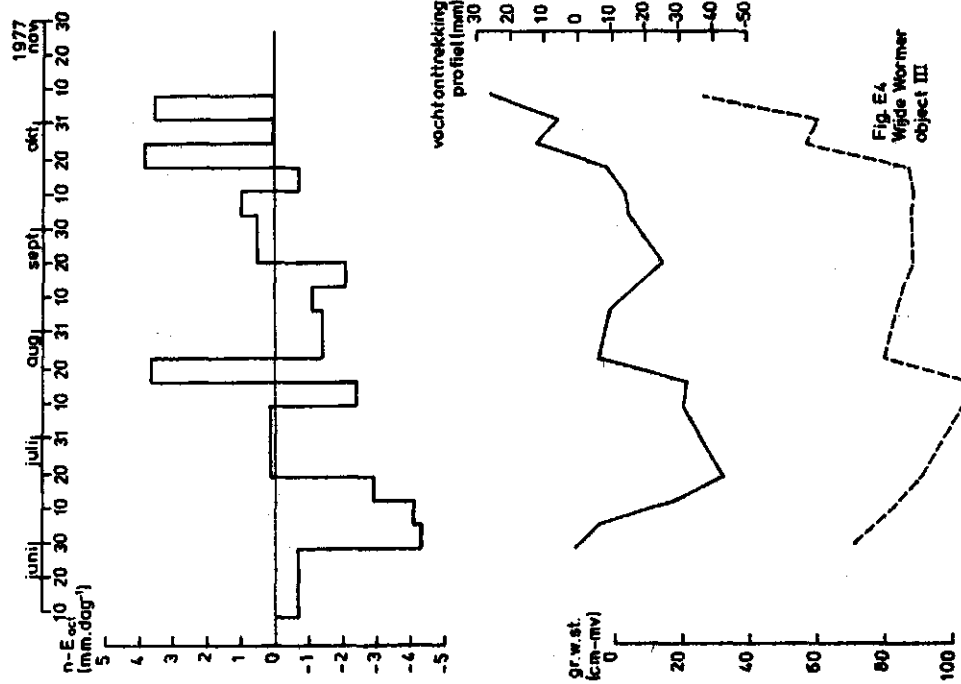


Fig. E4
Wijde Wormer
object III

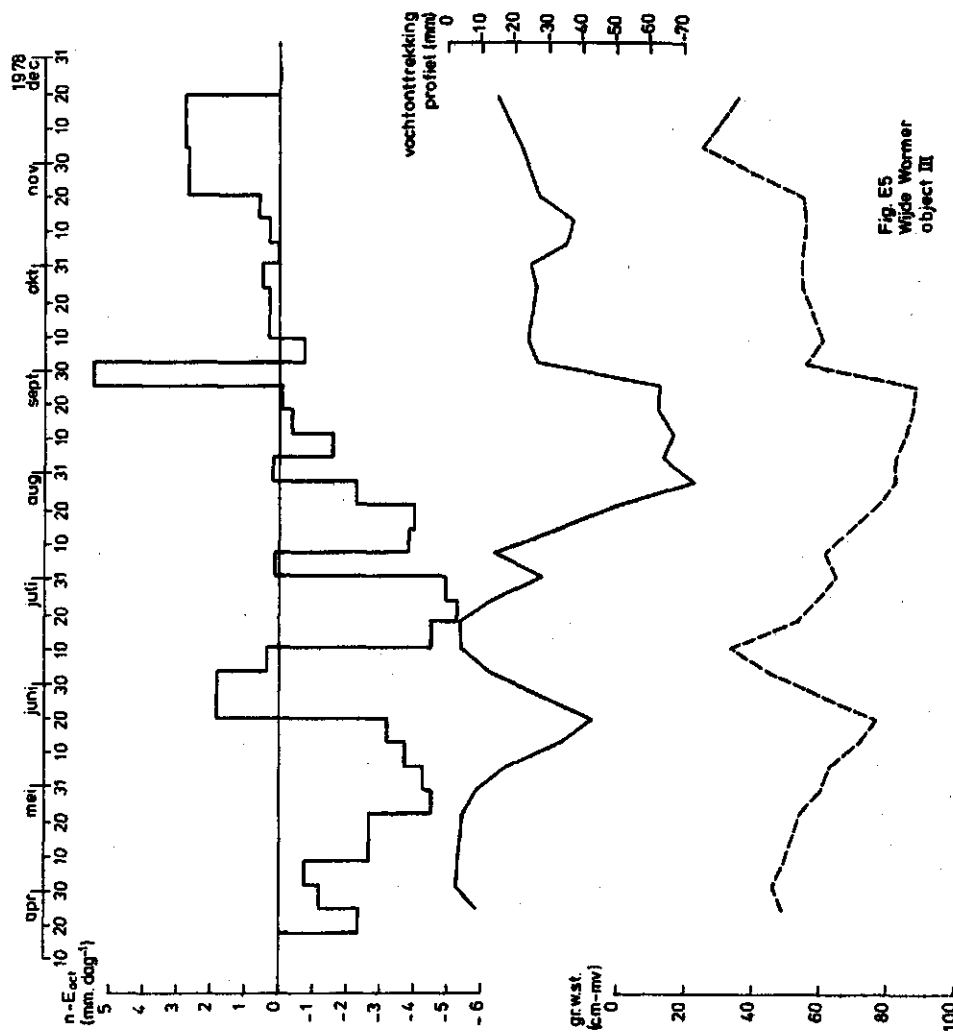
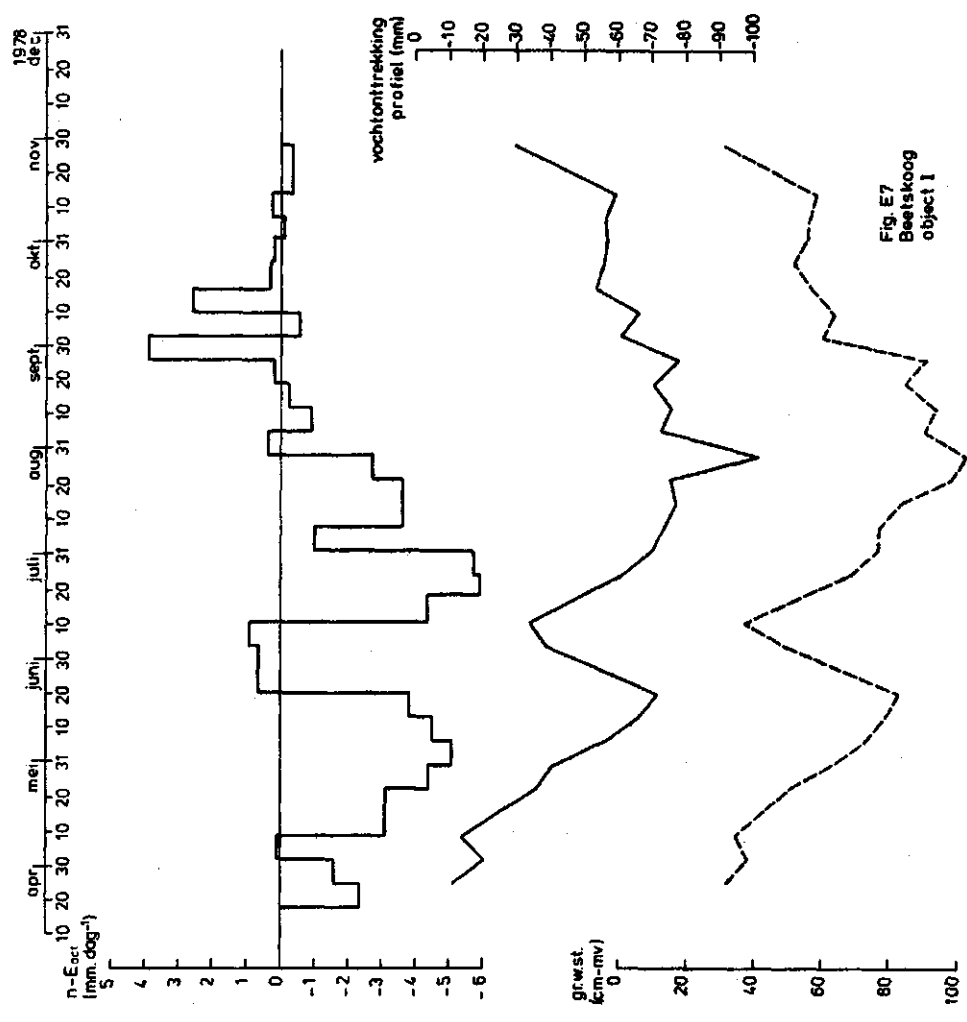
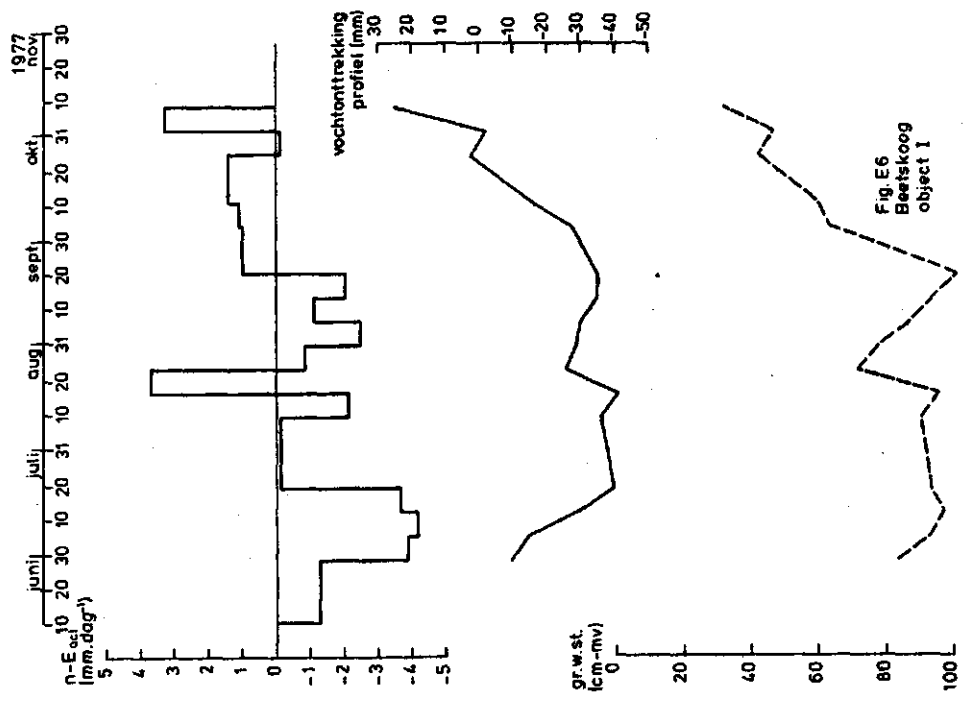
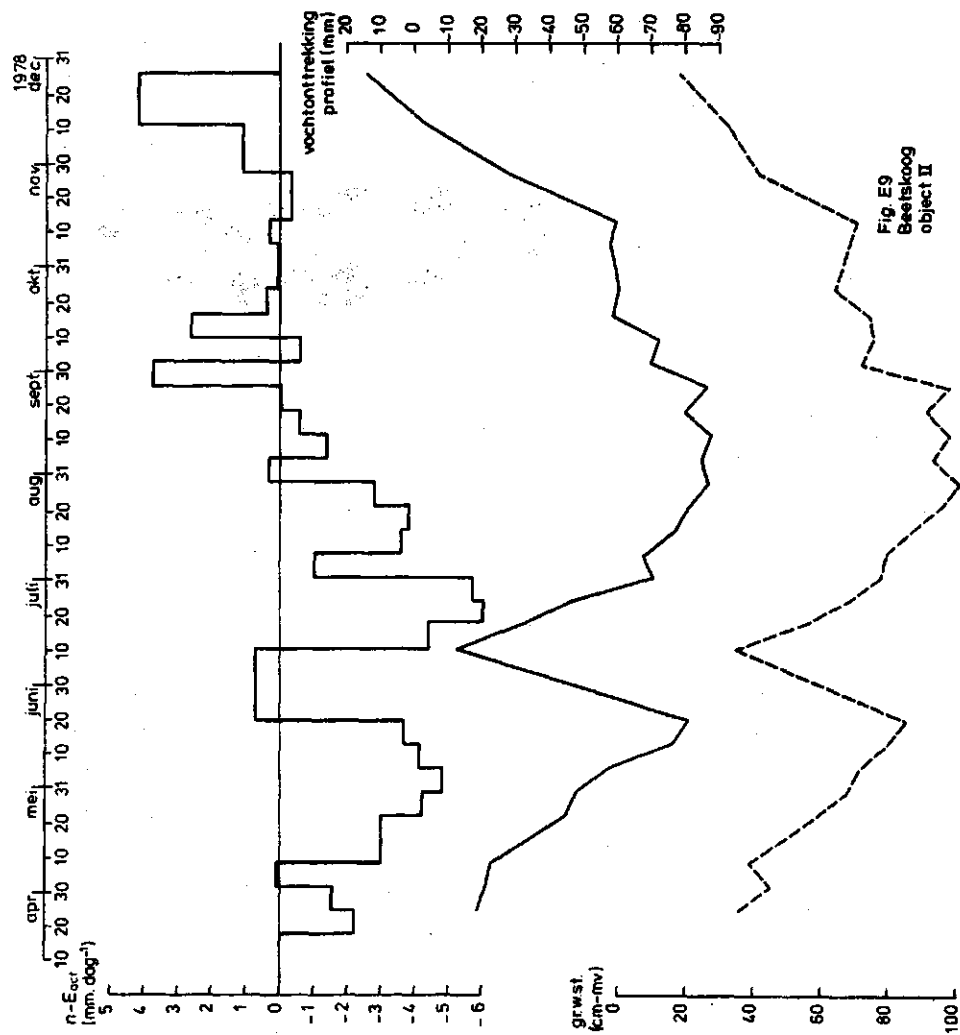
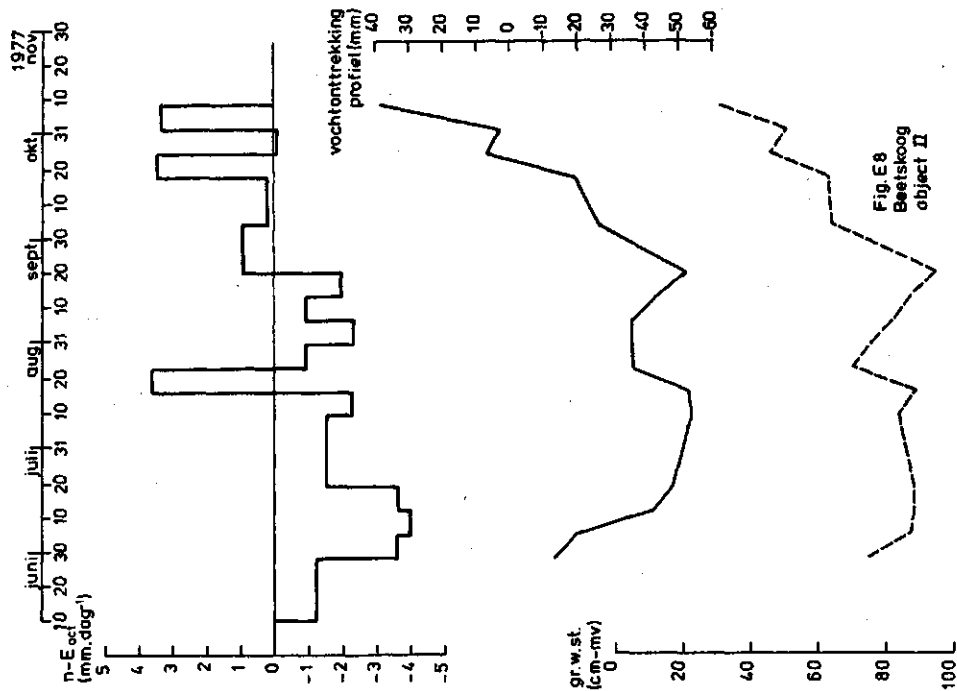


Fig. E5
Wijde Wormer
object III





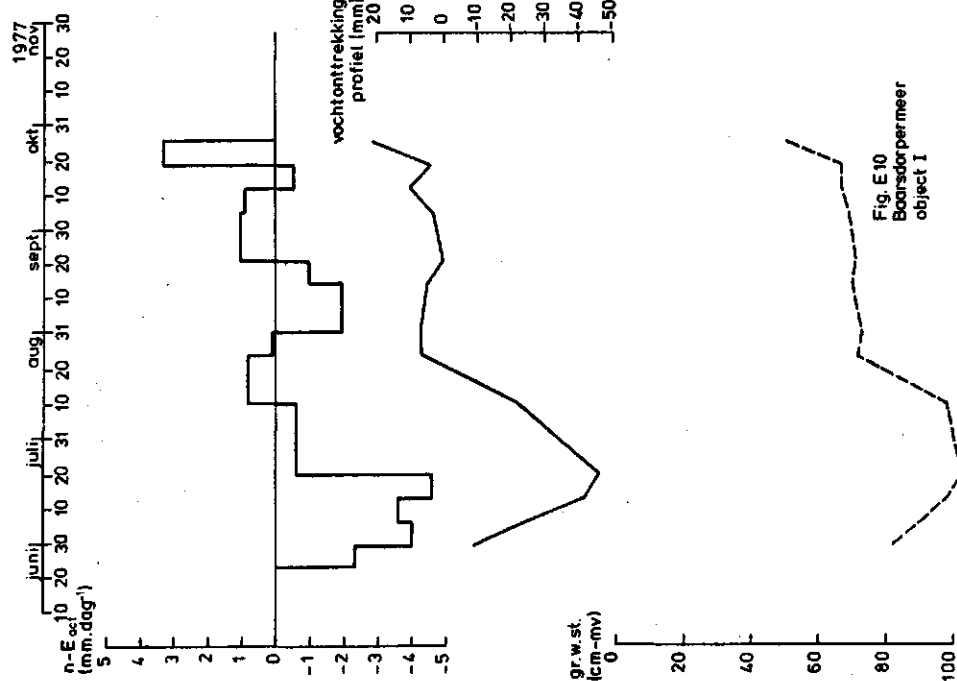


Fig. E10
Boarsdorpmeer
object 1

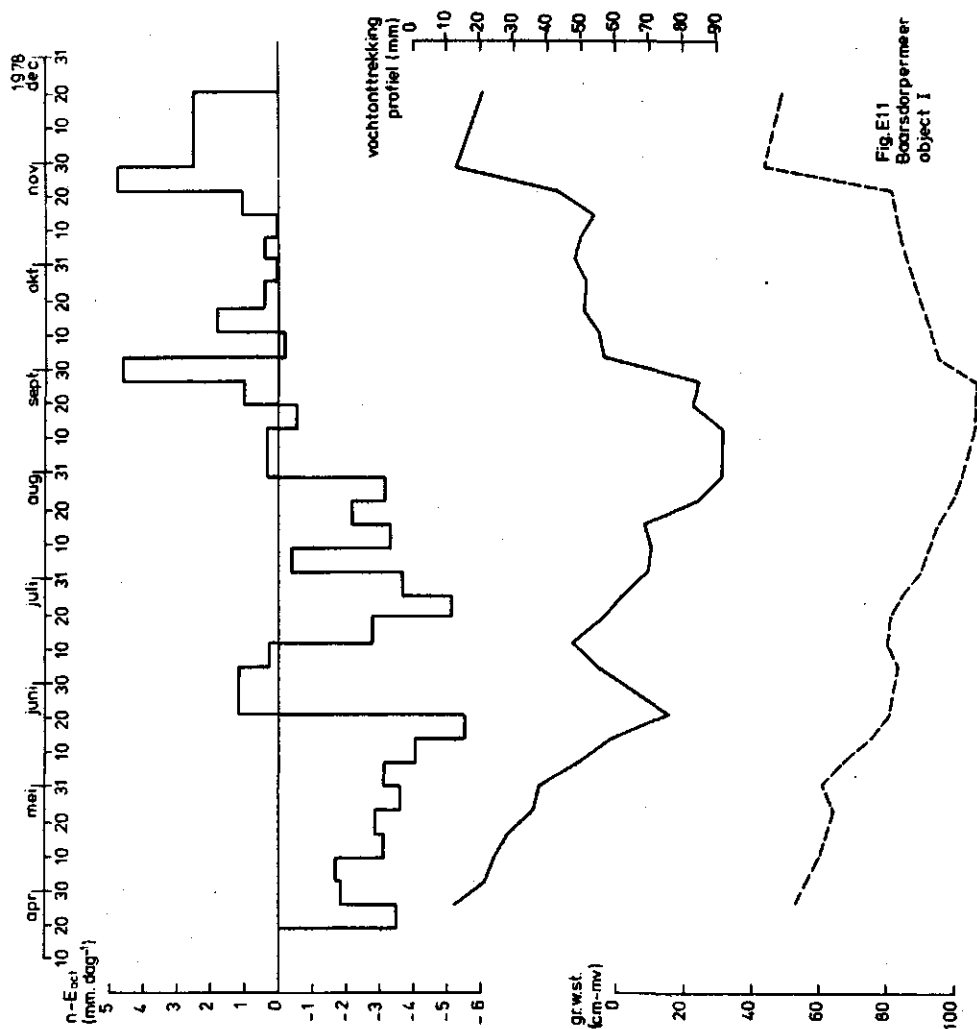
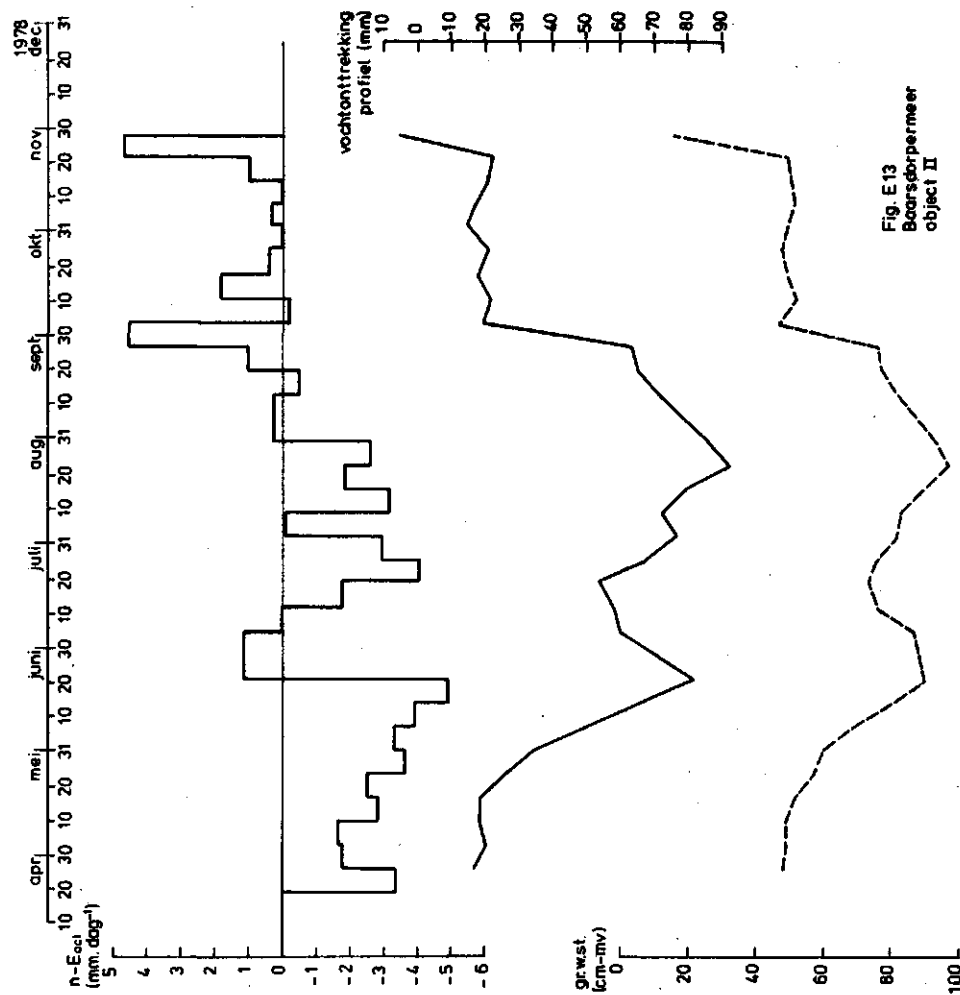
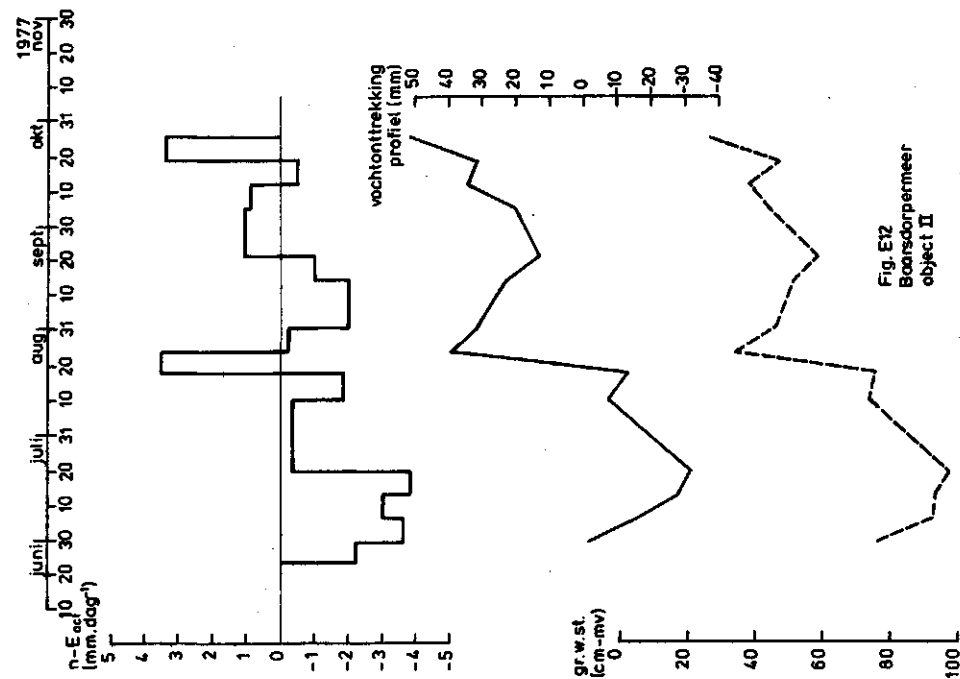


Fig. E11
Boarsdorpmeer
object 1



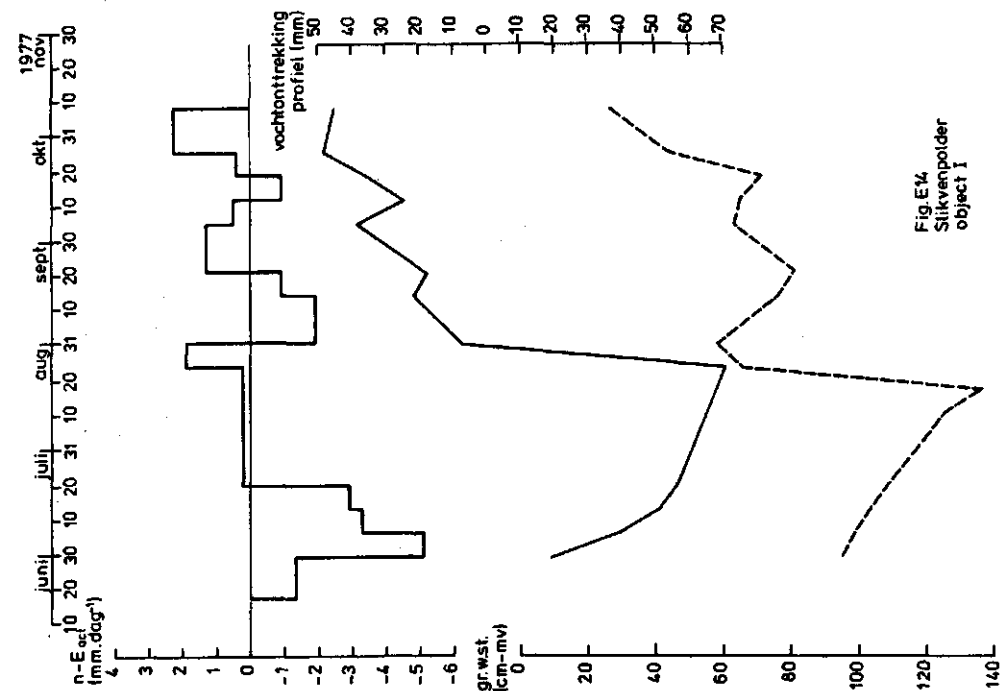


Fig. E14
Slikkenpolder
object I

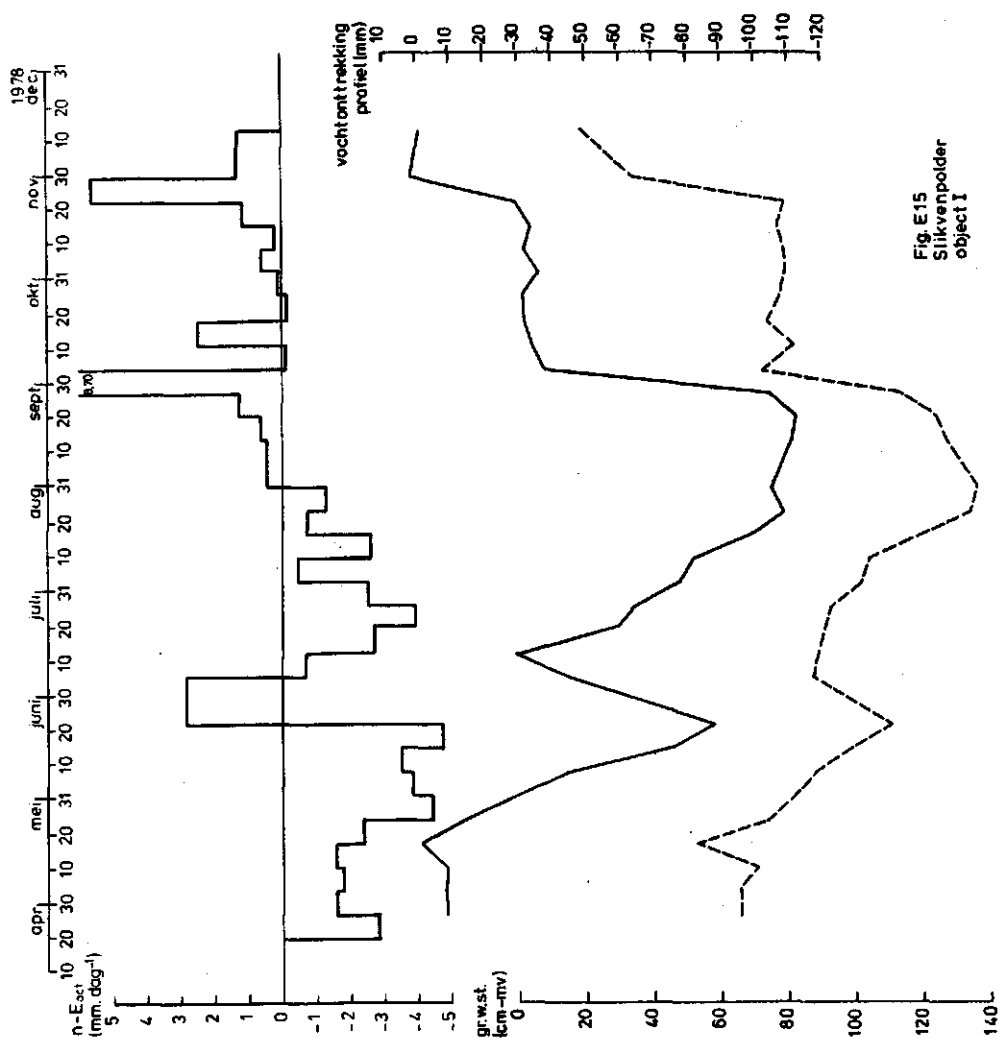


Fig. E15
Slikkenpolder
object I

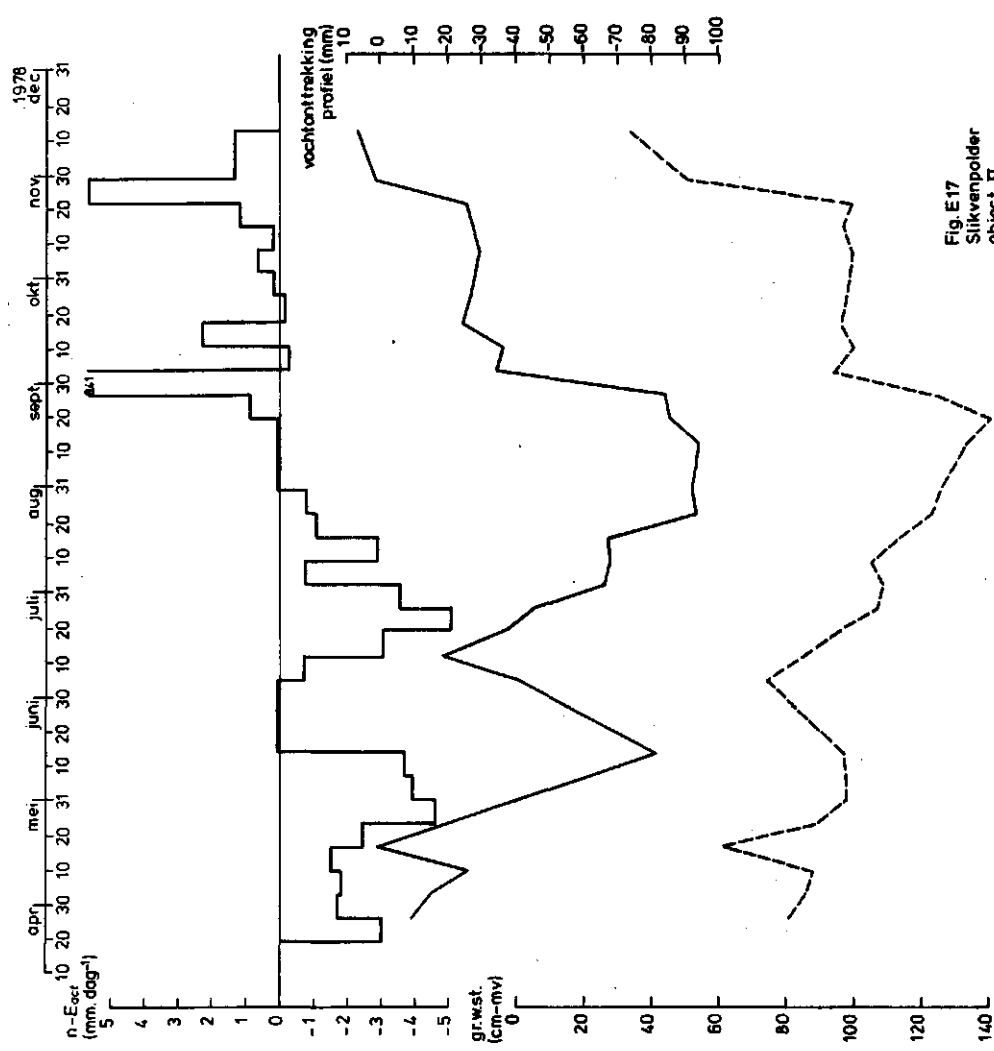
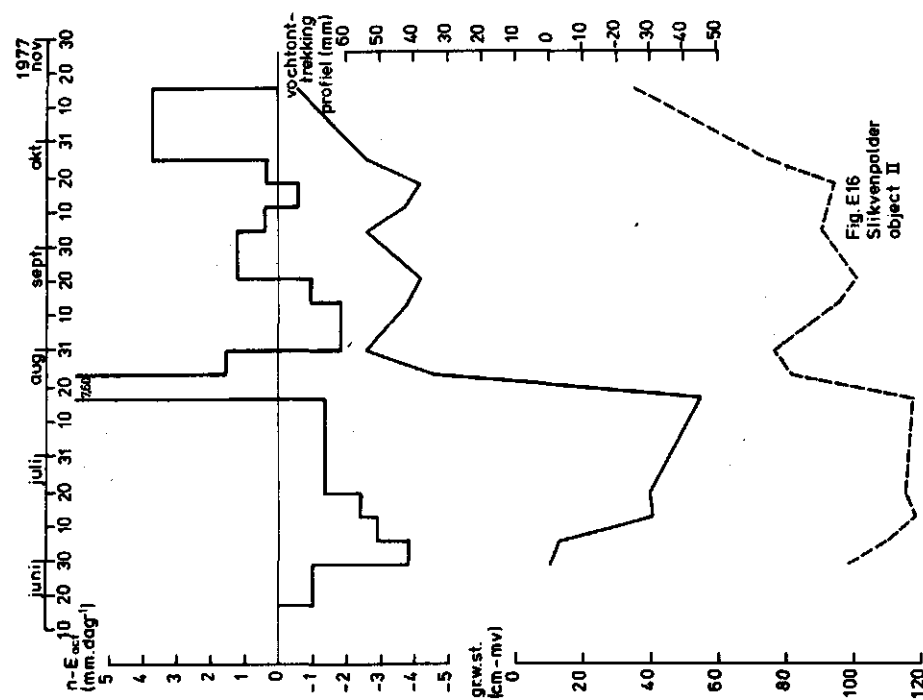


Fig. F. Verband tussen vochtdeficiet in het profiel en de grondwaterstand ----- evenwichtsvochtdeficiet.

